



TUGAS AKHIR - SS 145561

ANALISIS PENGARUH BAHAN BAKU TAMBAHAN TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS KUAT TEKAN PRODUKSI SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA Tbk.

FITRIANA RATNADEWI YAHYA
NRP 1312 030 002

Dosen Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN STATISTIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SS 145561

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE RAW MATERIALS IN ADDITION TO IMPROVING THE QUALITY OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CEMENT PRODUCTION IN PT. CEMENT INDONESIA Tbk.

FITRIANA RATNADEWI YAHYA
NRP 1312 030 002

Supervisor
Dra. Lucia Aridinanti, MT

DIPLOMA III STUDY PROGRAM
DEPARTEMENT OF STATISTICS
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH BAHAN BAKU TAMBAHAN TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS KUAT TEKAN PRODUKSI SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA Tbk.

TUGAS AKHIR

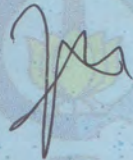
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi Diploma III Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :


FITRIANA RATNADEWI YAHYA
NRP. 1312 030 002

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dra. Lucia Aridinanti, MT
NIP. 19610131 198701 2 001

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS


Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, Juli 2015



ANALISIS PENGARUH BAHAN BAKU TAMBAHAN TERHADAP PENINGKATAN KUALITAS KUAT TEKAN PRODUKSI SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA Tbk.

Nama Mahasiswa : Fitriana Ratnadewi Yahya
NRP : 1312030002
Program Studi : Diploma III
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Lucia Aridinanti, MT

ABSTRAK

Permasalahan yang dialami oleh PT. Semen Indonesia Tbk. adalah peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen. Salah satu upaya meningkatkan kualitas kuat tekan semen melalui proses produksi dengan menggunakan material bahan baku dan bahan pendukung yang bersifat tak bisa diperbaharui, serta material bahan pendukung yang berasal dari hasil daur ulang. Pemanfaatan ke-lima bahan baku tambahan yaitu clinker, gypsum, trass, batu kapur, dan fly ash yang digunakan untuk meningkatkan kualitas kuat tekan produk semen. Metode regresi linier berganda dan metode peta kendali $\bar{X} - R$ digunakan untuk menganalisis pengaruh bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen serta menganalisis kuat tekan produk semen, apakah terkendali secara statistik atau tidak terkendali. Hasil dari analisis sebagai berikut. Analisis regresi linier berganda menunjukkan minimal terdapat salah satu dari bahan baku tambahan yang berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk, dan berdasarkan uji parsial menunjukkan bahan baku clinker, trass, batu kapur, dan fly ash berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen. Analisis peta kendali $\bar{X} - R$ menunjukkan pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 kuat tekan produk semen terkendali secara statistik. Kapabilitas proses pada bulan Mei dan Agustus tahun 2014 menunjukkan proses produksi semen sesuai dengan spesifikasi dengan nilai indeks kapabilitas sebesar 1,14 dan 1,36, sedangkan pada bulan Juni, Juli, September, dan Oktober tahun 2014 menunjukkan proses produksi semen tidak sesuai dengan spesifikasi dengan nilai indeks kapabilitas < 1 .

Kata Kunci : *Kapabilitas Proses, Material Bahan Baku, Material Bahan Pendukung, Peta Kendali $\bar{X} - R$, Regresi Linier Berganda.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE RAW MATERIALS IN ADDITION TO IMPROVING THE QUALITY OF COMPRESSIVE STRENGTH OF CEMENT PRODUCTION IN PT. CEMENT INDONESIA Tbk.

Student Name : Fitriana Ratnadewi Yahya
NRP : 1312030002
Study Program : Diploma III
Department : Statistics FMIPA-ITS
Academic Supervisor : Dra. Lucia Aridinanti, MT

ABSTRACT

Problems faced by the PT. Cement Indonesia Tbk. is an increase in the quality of the compressive strength of cement production. One of the efforts to improve the quality of the compressive strength of cement through the production process using raw materials and supporting materials that are non-renewable, as well as material support material derived from recycled. The fifth additional utilization of raw materials, namely clinker, gypsum, trass, limestone, and fly ash used to improve the quality of compressive strength of cement products. Multiple linier regression method and control chart $\bar{X} - R$ methods used to analyze the impact of raw materials in addition to improving the quality compressive strength of cement products as well as analyzing the compressive strength of the cement product is statistically controlled or uncontrolled. The results of the analysis as follows. Multiple linier regression analysis shows there are at least one of the additional feedstock significant effect on improving the quality of the product compressive strength, and based on the partial test shows the raw materials clinker, trass, limestone, and fly ash significant effect on improving the quality of compressive strength of cement production. Control chart $\bar{X} - R$ analysis shows in May until the month of October 2014 the compressive strength of the cement product are statistically controlled. The capability of the process in May and August 2014 showed cement production process in accordance with the specifications of the capability index value of 1,14 an 1,36, whereas in June, July, September, and October 2014 showed cement production process does not conform to the specifications of the capability index value of less than one.

Keywords : *Process Capability, Raw Materials, Material Support Material, Control Chart $\bar{X} - R$, Multiple Linier Regression.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT. atas karunia dan hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir di PT. Semen Indonesia Tbk. Laporan ini merupakan alat atau sarana tambahan dalam pembelajaran akademik maupun non akademik khususnya dalam Jurusan Statistika yang berisi materi dari perkuliahan yang disusun secara sistematis untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai tingkat kemampuan mahasiswa dan memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk belajar sesuai dengan pemahaman yang diperoleh. terselesainya Laporan Tugas Akhir tidak terlepas dari arahan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada.

1. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu sabar dan teliti dalam membimbing serta memberi saran kepada penulis selama pembuatan Laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Drs. Haryono, MSIE selaku dosen penguji Tugas Akhir atas kritik dan saran yang membangun dalam mengevaluasi Laporan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT selaku dosen penguji serta Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS.
4. Bapak Samsuri selaku Kepala Biro Jaminan Mutu dan Lingkungan serta selaku pembimbing lapangan, yang telah membimbing dan memberikan penulis kesempatan untuk melaksanakan Tugas Akhir di PT. Semen Indonesia Tbk.
5. Bapak Syaichul Amin, ST selaku Kepala Biro Pengendalian Gangguan Operasi yang telah membantu penulis dalam melaksanakan Tugas Akhir di PT. Semen Indonesia Tbk.

6. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnangningsih, MT selaku Ketua Program Studi Diploma III Jurusan Statistika FMIPA ITS dan selaku Dosen Wali yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama perkuliahan dan pembuatan Laporan Tugas Akhir.
7. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M. Si selaku Sekretaris Program Studi Diploma III Jurusan Statistika FMIPA ITS.
8. Bapak Drs. Ec. Yahya, MM dan Ibu Dra. Ec. Suhartini selaku orang tua penulis serta Dian Ratnasari Yahya, Bagas Paramarta Rofi', dan Darajatun Agung Raharja selaku saudara penulis yang senantiasa memberi doa dan motivasi dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dan meraih kesuksesan.
9. Saudara Arieska, Ditha, Endy, Erika, Grininda, Ifa, Jessica, dan Vianty selaku sahabat terdekat penulis serta teman-teman mahasiswa Jurusan Statistika ITS khususnya DIII angkatan 2012 yang telah berbagi ilmu dan saling memberi motivasi kepada penulis.

Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, dan instansi tempat pelaksanaan Tugas Akhir. Selanjutnya saya mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun, kepada para pembaca pada umumnya dan dosen pengajar khususnya demi penyusunan di masa yang akan datang karena saya menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini jauh dari kesempurnaan.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | |
| TITLE PAGE | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Studi Literatur..... | 5 |
| 2.2 Analisis Regresi Linier Berganda..... | 7 |
| 2.3 Pemeriksaan Asumsi..... | 9 |
| 2.4 Rancangan Acak Lengkap (RAL)..... | 11 |
| 2.5 Uji Perbandingan Berganda..... | 13 |
| 2.6 Uji Keacakan Data..... | 14 |
| 2.7 Analisis Varians (ANOVA) Stau Arah..... | 15 |
| 2.8 Peta Kendali $\bar{X} - R$ | 17 |
| 2.9 Diagram <i>Ishikawa</i> | 20 |
| 2.10 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses..... | 21 |
| 2.11 Proses Produksi Semen..... | 21 |
| 2.12 Material Bahan Baku Tambahan..... | 26 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1 Variabel Penelitian..... | 29 |

| | | |
|---------------------------------------|---|----|
| 3.2 | Cara Pengambilan Sampel | 30 |
| 3.3 | Langkah Analisis | 31 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN | | |
| 4.1 | Pemodelan Kuat Tekan Produk Semen..... | 35 |
| 4.1.1 | Deskripsi Data..... | 35 |
| 4.1.2 | Pemodelan Pertama..... | 37 |
| 4.1.3 | Pemodelan Kedua | 40 |
| 4.1.4 | Pemeriksaan Asumsi..... | 43 |
| 4.2 | Analisis Kapabilitas Proses Produksi Semen..... | 48 |
| 4.2.1 | Deskripsi Data | 48 |
| 4.2.2 | Analisis Pergeseran Proses | 51 |
| 4.2.3 | Uji Asumsi | 54 |
| 4.2.4 | Evaluasi Kuat Tekan Produk Semen | 64 |
| 4.2.5 | Diagram Ishikawa..... | 69 |
| 4.2.6 | Kapabilitas Proses..... | 70 |
| BAB V PENUTUP | | |
| 5.1 | Kesimpulan | 77 |
| 5.2 | Saran | 77 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| LAMPIRAN | | |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|-------------------|---|
| Tabel 2.1 | Struktur Data Regresi Linier Berganda 7 |
| Tabel 2.2 | Struktur Data Uji Serentak..... 8 |
| Tabel 2.3 | Struktur Data Rancangan Acak Lengkap (RAL)..... 12 |
| Tabel 2.4 | Analisis Varians (ANOVA) Rancangan Acak Lengkap (RAL) 12 |
| Tabel 2.5 | Analisis Varians (ANOVA) Rancangan Acak Lengkap (RAL) (Lanjutan) 13 |
| Tabel 2.6 | Uji Analisis Varians Satu Arah..... 16 |
| Tabel 2.7 | Struktur Data Peta Kendali $\bar{X} - R$ 18 |
| Tabel 2.8 | Material Digunakan dan Material Hasil Daur Ulang 27 |
| Tabel 4.1 | Komposisi Bahan Baku Tambahan (%) 35 |
| Tabel 4.2 | Uji Serentak Model Pertama..... 38 |
| Tabel 4.3 | Uji Parsial Kuat Tekan Produk Semen (Y)..... 39 |
| Tabel 4.4 | Uji Parsial Bahan Baku Clinker (X_1)..... 39 |
| Tabel 4.5 | Uji Parsial Bahan Baku Batu Kapur (X_4) 40 |
| Tabel 4.6 | Uji Serentak Model Kedua 41 |
| Tabel 4.7 | Uji Parsial Kuat Tekan Produk Semen (Y)..... 41 |
| Tabel 4.8 | Uji Parsial Bahan Baku Gypsum (X_2) 42 |
| Tabel 4.9 | Uji Parsial Bahan Baku Trass (X_3) 42 |
| Tabel 4.10 | Uji Parsial Bahan Baku Fly Ash (X_5) 43 |
| Tabel 4.11 | Uji <i>Glejser</i> Pemodelan Pertama..... 45 |
| Tabel 4.12 | Uji <i>Glejser</i> Pemodelan Kedua 46 |
| Tabel 4.13 | Hasil Uji Keacakan Pemodelan Pertama 46 |
| Tabel 4.14 | Hasil Uji Keacakan Pemodelan Kedua..... 47 |
| Tabel 4.15 | Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i> Pemodelan Pertama 47 |
| Tabel 4.16 | Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i> Pemodelan Kedua..... 48 |
| Tabel 4.17 | Karakteristik Kuat Tekan (kg/cm^2) Produk Semen 49 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| Tabel 4.18 | Rancangan Acak Lengkap Bulan Mei-Oktober Tahun 2014..... | 52 |
| Tabel 4.19 | Uji Perbandingan Berganda Tukey Bulan Mei-Oktober Tahun 2014 | 53 |
| Tabel 4.20 | Uji Perbandingan Berganda Tukey Bulan Mei-Oktober Tahun 2014 (Lanjutan) | 54 |
| Tabel 4.21 | Hasil Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Bulan Mei-Oktober Tahun 2014..... | 55 |
| Tabel 4.22 | Analisis Pergeseran Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Juli Tahun 2014 | 59 |
| Tabel 4.23 | Analisis Pergeseran Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Agustus Tahun 2014 | 60 |
| Tabel 4.24 | Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Bulan Mei-Oktober Tahun 2014..... | 61 |
| Tabel 4.25 | Peta $\bar{X} - R$ Kuat Tekan Produk Semen Bulan Mei-Oktober Tahun 2014..... | 65 |
| Tabel 4.26 | Kapabilitas Proses Bulan Mei-Oktober Tahun 2014..... | 72 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--------------------|--|
| Gambar 2.1 | Diagram <i>Ishikawa</i> (Sebab-Akibat) 21 |
| Gambar 2.2 | Proses Produksi Semen..... 22 |
| Gambar 2.3 | Proses Produksi Semen (Lanjutan)..... 23 |
| Gambar 3.1 | <i>Flowchart</i> Langkah Analisis..... 32 |
| Gambar 3.2 | <i>Flowchart</i> Langkah Analisis (Lanjutan 1)..... 33 |
| Gambar 3.3 | <i>Flowchart</i> Langkah Analisis (Lanjutan 2)..... 34 |
| Gambar 4.1 | <i>Boxplot</i> Komposisi Bahan Baku Tambahan 36 |
| Gambar 4.2 | Histogram Komposisi Bahan Baku Tambahan 37 |
| Gambar 4.3 | Residual Plot IIDN (Pemodelan Pertama) 44 |
| Gambar 4.4 | Residual Plot IIDN (Pemodelan Kedua)..... 44 |
| Gambar 4.5 | <i>Boxplot</i> Kuat Tekan (kg/cm^2) Produk Semen 50 |
| Gambar 4.6 | Diagram Garis Kuat Tekan (kg/cm^2) Produk Semen 51 |
| Gambar 4.7 | Analisis Trend Kuat Tekan Produk Semen Bulan September Tahun 2014 58 |
| Gambar 4.8 | Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Mei Tahun 2014..... 66 |
| Gambar 4.9 | Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Juni Tahun 2014 66 |
| Gambar 4.10 | Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Juli Tahun 2014 67 |
| Gambar 4.11 | Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Agustus Tahun 2014 67 |
| Gambar 4.12 | Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan September Tahun 2014 (Proses Tidak Terkendali)..... 68 |
| Gambar 4.13 | Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan September Tahun 2014 (Proses Terkendali)..... 68 |
| Gambar 4.14 | Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Oktober Tahun 2014 69 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 4.15 | Diagram Ishikawa Kesesuaian Kuat Tekan Produk Semen..... | 70 |
| Gambar 4.16 | Kapabilitas Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Mei Tahun 2014 | 73 |
| Gambar 4.17 | Kapabilitas Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Juni Tahun 2014..... | 73 |
| Gambar 4.18 | Kapabilitas Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Juli Tahun 2014..... | 74 |
| Gambar 4.19 | Kapabilitas Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Agustus Tahun 2014..... | 74 |
| Gambar 4.20 | Kapabilitas Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan September Tahun 2014..... | 75 |
| Gambar 4.21 | Kapabilitas Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Oktober Tahun 2014..... | 75 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia berlangsung sangat pesat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Berdirinya perusahaan dan tempat kerja yang beraneka ragam merupakan salah satu dampak dari perkembangan industri. PT. Semen Indonesia Tbk. merupakan salah satu perusahaan manufaktur besar yang bergerak di bidang industri, dengan memproduksi dan memasarkan produk semen yang beroperasi dengan kapasitas 30 juta ton semen per tahun. Jenis produk yang ditawarkan oleh Perseroan adalah *Semen Portland Tipe II-V (Non-OPC)*, berbagai tipe khusus dan *Semen Campur (Mixed Cement)* untuk penggunaan yang terbatas, dan jenis produk semen lainnya (Semen, 2013).

Berdasarkan studi lapangan yang telah dilakukan di PT. Semen Indonesia Tbk. menunjukkan bahwa sinergi yang kuat antara Semen Indonesia, Semen Gresik dan Semen Tonasa, yang diimbangi dengan strategi ekspansi yang terukur semakin mengukuhkan posisi Perseroan sebagai “*Market Leader*” industri Semen Nasional. Perseroan akan terus meningkatkan penguasaan pasar atau “*Market Share*” yang berada pada level 41% yang berarti bahwa hampir 50% pangsa pasar dikuasai oleh PT. Semen Indonesia Tbk. (Utomo, 2012). Pangsa produksi semen yang besar diakibatkan oleh permintaan dari konsumen yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan dan keinginan konsumen. Banyaknya konsumen tidak selalu membuat perusahaan semen merasa nyaman tanpa melakukan inovasi-inovasi terbaru.

PT. Semen Indonesia Tbk. terus berupaya untuk melakukan inovasi-inovasi terbaru yang diharapkan menjadi pemicu untuk meraih kinerja yang lebih baik pada setiap tahunnya. Perseroan menyadari bahwa perusahaan tidak dapat memenuhi semua keinginan konsumen di pasar, perusahaan harus

mengidentifikasi segmen pasar yang dapat dilayani dengan baik dan yang paling menghasilkan keuntungan. Pada tahun 2013 pemakaian material menunjukkan adanya peningkatan jika dibandingkan dengan periode sebelumnya. Secara umum material yang digunakan untuk proses produksi semen terdiri atas bahan baku dan bahan pendukung. Bahan baku dan bahan pendukung yang bersifat tak bisa diperbaharui, serta bahan pendukung yang berasal dari proses daur ulang, termasuk daur ulang limbah yang mengandung bahapn berbahaya dan beracun (Limbah B3). Pemanfaatan dilakukan melaui "*Metode Co-Processing*" dengan cara pembakaran pada suhu tinggi (1.400^0C), sehingga logam berat yang terkandung dalam limbah tersebut dapat terdekomposisi menjadi senyawa oksida yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Semen, 2013).

Pemanfaatan material bahan baku dan bahan pendukung yang bersifat tidak bisa diperbaharui yaitu batu kapur, material bahan pendukung hasil daur ulang yaitu clinker, gypsum, dan fly ash. Material bahan pendukung yang tidak bisa diperbaharui yaitu trass. Ke-lima material tersebut digunakan sebagai campuran bahan baku tambahan dalam proses produksi semen yang mengakibatkan peningkatan terhadap kualitas kuat tekan semen (Semen, 2013). Oleh karena itu penelitian ini akan dilakukan untuk menganalisis pengaruh bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen yang dihasilkan di PT. Semen Indonesia Tbk.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dialami PT. Semen Indonesia Tbk. adalah peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen. Ada dugaan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas semen yaitu penambahan bahan baku clinker, gypsum, trass, batu kapur, dan fly ash. Jika diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas kuat tekan semen maka cara meningkatkan kualitas kuat tekan semen lebih mudah dianalisis yaitu dengan mengukur faktor-faktor tersebut. Dengan kondisi kualitas kuat tekan produk semen

pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014. Sehingga permasalahan dalam penelitian ini yang muncul sebagai acuan untuk analisis adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana model hubungan pengaruh bahan baku clinker, gypsum, trass, batu kapur, dan fly ash terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen di PT. Semen Indonesia Tbk.?
2. Bagaimana analisis kapabilitas proses produksi pembuatan semen di PT. Semen Indonesia Tbk.?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen selama 7 hari berdasarkan pengaruh pengolahan bahan baku tambahan di PT. Semen Indonesia Tbk. pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, tujuan penelitian yang diperoleh sebagai berikut.

1. Menganalisis model hubungan pengaruh bahan baku clinker, gypsum, trass, batu kapur, dan fly ash terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen di PT. Semen Indonesia Tbk
2. Menganalisis kapabilitas proses produksi pembuatan semen di PT. Semen Indonesia Tbk.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin didapatkan dalam penelitian ini untuk peneliti adalah dapat menerapkan metode statistika dalam menganalisis pengendalian kualitas kuat tekan produksi semen di PT. Semen Indonesia Tbk., mengevaluasi variabel yang berpengaruh terhadap penyebab kegagalan proses pengolahan bahan baku tambahan yang nantinya dapat dipelajari atau diperbaharui metode analisisnya apabila mengambil tugas akhir

atau kerja praktek di PT. Semen Indonesia Tbk. Manfaat yang diperoleh bagi perusahaan dapat memberikan informasi kepada PT. Semen Indonesia Tbk. Mengenai metode regresi linier berganda dan peta kendali $\bar{X}-R$ yang dapat digunakan sebagai salah satu referensi analisis untuk menganalisis pengaruh bahan baku clinker, gypsum, trass, batu kapur, dan fly ash terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen secara statistik, serta bagi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Kota Surabaya adalah mampu menghasilkan lulusan yang profesional dalam bidang yang dikuasai dan membina kerjasama yang baik antara lingkungan akademis dengan dunia kerja serta instansi yang bersangkutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian yang digunakan sebagai studi literatur yaitu pada penelitian pertama bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan karakteristik type semen terhadap kuat tekan mortar. Semakin pesatnya perkembangan industri semen di Indonesia munculah beberapa tipe semen antara lain OPC (Ordinary Portland Cement), White Cement dan yang paling baru adalah PCC (Portland Composite Cement). Semen PCC (Portland Composite Cement). Salah satu sifat fisik semen yang harus diuji menurut sebagai standard adalah kuat tekan mortarnya (yaitu campuran antara semen, pasir standard dan air), hasil pengujiannya dinyatakan sebagai harga kuat tekan mortar atau dengan kata lain untuk menguji mutu daya ikat semen. Untuk percobaan mortar, penulis membuat benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5cm x 5cm sebanyak 5 variasi penambahan aditif dengan 3 benda uji pada setiap umur morta dan umur yang dipakai untuk perencanaan adalah 3, 7, 14, 21 dan 28 ha ri (Hariawan, 2007).

Selain itu penelitian kedua juga dilakukan di PT. Semen Baturaja (Persero) Panjang yang memproduksi semen *portland* tipe 1 (*Portland Cement Type I*), yaitu semen yang biasa digunakan untuk pemakaian umum dan tidak memerlukan syarat khusus. Pengendalian mutu pada proses pembuatan semen merupakan kegiatan analisis yang perlu dilakukan dalam rangka pengawasan, penilaian dan perbaikan pada setiap tahapan dalam proses pembuatan semen. Analisis juga digunakan untuk mempertahankan mutu semen yang diproduksi pada perusahaan tersebut. Hal ini dilakukan agar kandungan mineral-mineral (*mineral compound*) yang ada di dalam semen sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Selama melaksanakan kegiatan praktik kerja lapangan, dilakukan beberapa proses analisis kimia, yaitu analisis CaO, MgO, F.CaO dan Fe₂O₃ secara volumetri,

serta analisis SiO_2 , R_2O_3 , IR (*Insoluble Residu*) dan SO_3 , yang dilakukan dengan metode gravimetri. Selain analisis kimia, dilakukan juga analisis fisika yang meliputi analisis *blaine* (tingkat kehalusan semen), *mesh* (sisa ayakan), *compressive strength* (kekuatan tekan), *setting time* (waktu pengikatan awal), dan pemuatan dengan *autoclave*. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah produk semen yang dihasilkan mempunyai kualitas yang baik dikarenakan hasil uji dari setiap kadar yang diberikan memenuhi target yang ditentukan oleh perusahaan (Mahardika, 2011).

Penelitian ketiga dilakukan untuk meningkatnya kemajuan dunia konstruksi di masa kini tentunya turut menimbulkan peningkatan kebutuhan terkait material yang digunakan, salah satunya ialah meningkatnya kebutuhan akan ready mix concrete. Banyaknya permintaan akan ready mix concrete yang tidak dibarengi dengan kontrol kualitas akan menimbulkan variasi kualitas pada produk. Fenomena ini terjadi di PT.X, salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi ready mix concrete. Analisa data dilakukan dengan mengaplikasikan Lean Six Sigma dengan output berupa faktor penyebab variasi kualitas. Data sekunder yang digunakan berupa data kuat tekan yang tercatat dalam intern perusahaan, dianalisis melalui beberapa tahapan. Pertama dianalisis menggunakan control chart untuk mengetahui jumlah data yang diluar batas atas dan batas bawah, dilanjutkan dengan mencari tingkat DPMO (Defects per Million Opportunities) yaitu indikasi berapa banyak kesalahan yang akan muncul jika sebuah aktivitas diulang satu juta kali. Kemudian dilakukan analisis pareto diagram untuk mengetahui permasalahan utama yang akan dilakukan tindakan improvement. Terakhir dilakukan analisis untuk mengetahui proses yang akan dilakukan improvement menggunakan fishbone diagram. Tindakan improvement untuk meningkatkan kualitas dapat dilakukan dengan pengklasifikasian secara jelas kualitas material yang dipesan, melakukan pengujian untuk material yang datang, menyimpan material dengan baik, membentuk

departemen quality control, serta penetapan tarif pengiriman yang jelas. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah terdapat kegagalan proses produksi sebanyak 3 kali dari total pengujian sebesar 296 dan perlu adanya perbaikan (Artha Dwipayani & Artama Wiguna, 2014).

2.2 Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara peubah respon (variabel dependen) dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu prediktor (variabel independen). Tujuan dari analisis regresi linier berganda adalah untuk mengetahui pola hubungan secara linier antara beberapa variabel independen terhadap satu variabel dependen (Draper & Smith, 1992). Jika terdapat 1 variabel respon (Y) dan k variabel independen (X) maka dengan menggunakan struktur data yang terdapat pada Gambar 2.5, secara umum model persamaan regresi linier berganda adalah sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (2.1)$$

Struktur data yang digunakan dalam analisis regresi linier berganda adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Struktur Data Regresi Linier Berganda

| Nomor Observasi | Responden (Y_i) | Variabel Bebas | | | |
|--------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|
| | | X_{1i} | X_{2i} | ... | X_{ki} |
| 1 | Y_1 | X_{11} | X_{21} | ... | X_{k1} |
| 2 | Y_2 | X_{12} | X_{22} | ... | X_{k2} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| N | Y_n | X_{1n} | X_{2n} | ... | X_{kn} |
| Σ | ΣY_i | ΣX_{1i} | ΣX_{2i} | ... | ΣX_{ki} |

Pengujian parameter digunakan untuk memeriksa atau menguji apakah koefisien yang diperoleh berpengaruh signifikan

atau tidak berpengaruh signifikan terhadap model. Terdapat dua jenis hipotesis yang dapat digunakan untuk menguji koefisien regresi yaitu uji serentak dan uji parsial.

1. Uji Serentak

Uji serentak digunakan untuk menguji apakah variabel prediktor memiliki hubungan linear terhadap variabel respon (Draper & Smith, 1992). Perumusan hipotesis yang digunakan untuk uji serentak adalah sebagai berikut.

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 \dots = \beta_k = 0$ (Semua variabel prediktor tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon).

H_1 : minimal ada salah satu $\beta_j \neq 0$, $j = 1, 2, \dots, k$ (Minimal terdapat salah satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon).

Statistik uji :

Tabel 2.2 Struktur Data Uji Serentak

| Sumber variasi | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Rataan Kuadrat | F_{hitung} |
|----------------|---------------|--|-------------------------|-------------------|
| Regresi | k | $JKR = b'X'Y - \left(\frac{1}{n}\right)Y'JY$ | $RKR = \frac{JKR}{dbr}$ | $\frac{RKR}{RKG}$ |
| Galat | n-k-1 | $JKG = Y'Y - b'X'Y$ | $RKG = \frac{JKR}{dbg}$ | |
| Total | n-1 | $JKT = Y'Y - \left(\frac{1}{n}\right)Y'JY$ | | |

$$F_{hitung} = \frac{RKR}{RKG} \quad (2.2)$$

Dengan k adalah banyaknya variabel prediktor, n adalah banyaknya data, J adalah matrik 1 yang berukuran $m \times n$, X' adalah matriks x dari variabel prediktor, dan Y' adalah matriks Y dari variabel respon. Perhitungan pada persamaan (2.2) dapat

dijelaskan dalam Tabel 2.2. Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

2. Uji Parsial

Uji parsial digunakan untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel prediktor secara individu terhadap variabel respon (Draper & Smith, 1992). Perumusan hipotesis yang digunakan untuk uji parsial adalah sebagai berikut.

$H_0 : \beta_j = 0$ (Variabel prediktor tidak berpengaruh signifikan terhadap variabel respon).

$H_1 : \beta_j \neq 0$ (Variabel prediktor berpengaruh signifikan terhadap variabel respon).

Statistik uji :

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)} \quad (2.3)$$

Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

2.3 Pemeriksaan Asumsi

Pengujian asumsi regresi linier berganda menggunakan tiga pengujian asumsi, meliputi identik, independen, berdistribusi normal (IIDN) sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Asumsi Residual Identik

Pemeriksaan asumsi residual identik dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi identik. Suatu data dikatakan identik apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu. Nilai varians rata-ratanya sama antara varians satu dengan yang lainnya (Sudjana, 2001).

Selain melihat plot *residual vs fits*, asumsi identik juga dapat dilihat dengan uji *Glejser*. Uji *Glejser* dilakukan dengan meregresikan nilai mutlak dari residual dengan variabel

independennya. Jika ada variabel independen yang signifikan, maka residual cenderung tidak homogen.

2. Pemeriksaan Asumsi Residual Independen

Pemeriksaan asumsi residual independen dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi independen. Suatu data dikatakan independen apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk suatu pola tertentu (Sudjana, 2001). Independensi residual sering terjadi pada data yang bersifat *time series*. Pengujian independensi residual dapat dilakukan dengan menggunakan plot *residual vs order*, plot ACF (*Autocorrelation Function*) residual, uji Durbin Watson, dan menggunakan uji keacakan data.

Secara visual dengan melihat plot dari *residuals versus the order data* yang menjelaskan bahwa apabila titik-titik sebaran data disambungkan dan membentuk pola segi empat maka residual dapat dikatakan identik, tetapi pemeriksaan asumsi identik secara visual sangat bersifat subjektif. Salah satu asumsi penting dari regresi linear adalah bahwa tidak ada autokorelasi antara serangkaian pengamatan yang diurutkan menurut waktu. Adanya kebebasan antar sisaan dapat dideteksi secara grafis dan empiris. Pendeteksian autokorelasi secara grafis yaitu dengan melihat pola tebaran sisaan terhadap urutan waktu yaitu dengan plot ACF (*Autocorrelation Function*). Jika tebaran sisaan terhadap urutan waktu tidak membentuk suatu pola tertentu atau bersifat acak maka dapat disimpulkan tidak ada autokorelasi antar sisaan.

Jika residual mengikuti sebuah pola yang sistematis, maka dikatakan bahwa terdapat otokorelasi atau korelasi serial, sedangkan persyaratan regresi linier yaitu tidak terdapat korelasi antar residual (Gujarati, 2013). Pada penelitian ini menggunakan uji keacakan data, dengan perumusan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \rho = 0$ (Data residual tidak terdapat otokorelasi).

$H_1 : \rho \neq 0$ (Data residual terdapat otokorelasi).

Statistik uji :

r = Banyaknya runtun yang terjadi.

Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $r \leq$ nilai kritis bawah atau $r \geq$ nilai kritis atas atau $P\text{-value} < \alpha$.

3. Pemeriksaan Asumsi Residual Berdistribusi Normal

Pemeriksaan Asumsi Residual Berdistribusi Normal dilakukan untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi berdistribusi normal atau tidak. Kenormalan suatu data dapat dilihat dari plotnya. Apabila plot sudah mendekati garis linier, dapat dikatakan bahwa data tersebut memenuhi asumsi yaitu berdistribusi normal. Uji kenormalan data juga dapat dilihat dari nilai D_{hitung} yang diperoleh dari hasil uji Kolmogorov Smirnov (Sudjana, 2001). Perumusan hipotesis adalah sebagai berikut.

H_0 : Data residual telah berdistribusi normal

H_1 : Data residual tidak berdistribusi normal

Statistik uji :

$$D = \sup_x |F_n(X) - F_0(X)| \quad (2.4)$$

Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $D_{hitung} > D_{(\alpha)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

2.4 Rancangan Acak Lengkap

Rancangan acak lengkap (RAL) merupakan rancangan paling sederhana dari beberapa macam perancangan yang baku. Rancangan ini digunakan untuk mengetahui pengaruh beberapa perlakuan dengan sejumlah ulangan untuk menjadi satuan-satuan percobaan. RAL dilakukan dengan mengalokasikan pengacakan perlakuan terhadap satuan percobaan. Unit-unit percobaan dalam RAL dapat berupa sampel yang merupakan satuan unit-unit yang diberi batasan sehingga tidak mempengaruhi satu sama lain dengan kondisi lingkungan yang relatif dapat dikendalikan. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya interaksi antara pengaruh dua perlakuan yang saling berdekatan terhadap unit percobaan. Karena kondisi sampel dan lingkungan yang homogen, maka setiap perlakuan dan ulangan mempunyai peluang yang sama besar untuk menempati semua plot-plot

percobaan sehingga pengacakan dilakukan secara lengkap (Syana, 2013). RAL juga dikenal sebagai analisis varians satu arah tanpa pembatasan pengacakan.

Tabel 2.3 Struktur Data Rancangan Acak Lengkap (RAL)

| Sampel | Hasil Pengamatan | | | | Jumlah |
|---------------|------------------|-------------|-----|-------------|----------------|
| | 1 | Sampel | ... | K | |
| 1 | Y_{11} | Y_{21} | ... | Y_{k1} | |
| 2 | Y_{12} | Y_{22} | ... | Y_{k2} | |
| ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | ... | ... | ... | ... | |
| N | Y_{1n} | Y_{2n} | ... | Y_{kn} | $Y = \sum J_i$ |
| Jumlah | Y_1 | Y_2 | ... | Y_k | |
| Ukuran Sampel | N | n | | N | $N = \sum n_i$ |
| Rata-rata | \bar{Y}_1 | \bar{Y}_2 | | \bar{Y}_k | \bar{Y} |

Dengan Y_{ij} adalah pengamatan ke-j dan perlakuan ke-i, $j=1,2,\dots,n$, $i=1,2,\dots,k$. Maka digunakan perumusan hipotesis dan analisis perhitungan sebagai berikut.

H_0 : $\mu_i = 0$ (Semua efek atau perlakuan berpengaruh signifikan terhadap variabel respon).

H_1 : minimal ada salah satu $\mu_i \neq 0$, $i = 1,2,\dots,k$ (Minimal terdapat salah satu efek perlakuan yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon).

Statistik uji :

Tabel 2.4 Analisis Varians (ANOVA) Rancangan Acak Lengkap (RAL)

| Sumber variasi | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Rataan Kuadrat | F _{hitung} |
|----------------|---------------|---|-------------------|---------------------|
| Perlakuan | k-1 | $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k J_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^k J_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n n_i}$ | $\frac{JKP}{dbp}$ | $\frac{RKP}{RKG}$ |

Tabel 2.5 Analisis Varians (ANOVA) Rancangan Acak Lengkap (RAL) (Lanjutan)

| Sumber variasi | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Rataan Kuadrat | F _{hitung} |
|----------------|---------------|--|-------------------|---------------------|
| Galat | N-k | $\left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - R_y - \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k J_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^k J_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n n_i} \right] \right)$ | $\frac{JKG}{dbg}$ | |
| Total | N-1 | $\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - R_y$ | | |

$$F_{hitung} = \frac{RKP}{RKG} \quad (2.5)$$

Dengan R_y adalah faktor koreksi, n adalah banyaknya data. Perhitungan pada persamaan (2.5) dapat dijelaskan dalam Tabel 2.4 dan Tabel 2.5. Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(k-1; N-k)}$ atau P-value $< \alpha$ (Suwanda, 2011).

2.5 Uji Perbandingan Berganda

Uji perbandingan berganda digunakan untuk membandingkan seluruh pasangan rata-rata perlakuan. Salah satu jenis uji perbandingan berganda yaitu uji Tukey. Tukey (1953) memperkenalkan suatu prosedur perbandingan ganda, dengan perumusan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \mu_i = \mu_j$ (Tidak ada perbedaan pengaruh antar perlakuan).

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ (Terdapat perbedaan pengaruh antar perlakuan).

Statistik uji :

$$t_{hitung} = \frac{\bar{y}_i - \bar{y}_j}{\sqrt{RT_G \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}} \quad (2.6)$$

Dengan \bar{y}_i adalah rata-rata perlakuan ke-i, \bar{y}_j adalah rata-rata perlakuan pada pengamatan ke-j pada tabel pengujian rancangan acak lengkap. Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{(\alpha/2, N-k)} \sqrt{RT_G \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$ atau P-value $< \alpha$ (Suwanda, 2011).

2.6 Uji Keacakan Data

Tidak jarang situasi yang dihadapi membuat ingin mengetahui apakah dapat disimpulkan bahwa sejumlah barang atau kejadian dideretkan atau tersusun secara acak. Prosedur-prosedur untuk menyelidiki keacakan biasanya didasarkan pada banyaknya dan sifat rangkaian yang terdapat dalam data yang diminati. Di sini rangkaian didefinisikan sebagai serangkaian kejadian, hal, atau simbol yang sama yang didahului dan diikuti oleh kejadian, hal, atau simbol dengan tipe yang berbeda, atau yang belakangan ini tidak ada sama sekali (Daniel, 1989).

Data yang tersedia untuk analisis terdiri atas serangkaian pengamatan yang dicatat berdasarkan urutan perolehannya, dan dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok yang saling eksklusif. Pengandaian bahwa n = ukuran sampel, n_1 = banyaknya pengamatan kelompok yang satu, dan n_2 = banyaknya pengamatan kelompok yang lain. Perumusan hipotesis adalah sebagai berikut.

H_0 : Data pengamatan terambil secara acak.

H_1 : Data pengamatan tidak terambil secara acak.

Statistik uji :

r = Total banyaknya rangkaian. Bila baik n_1 maupun n_2 lebih besar dari 20, maka menggunakan statistik uji sebagai berikut.

$$z = \frac{r - \{[(2n_1n_2)/(n_1 + n_2)] + 1\}}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}}} \quad (2.7)$$

Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $r \leq$ nilai kritis bawah atau $r \geq$ nilai kritis atas atau P-value $< \alpha$.

2.7 Analisis Varians (ANOVA) Satu Arah

Analisis varians (ANOVA) merupakan salah satu bagian dari metode analisis statistik yang termasuk kedalam analisis komparatif lebih dari dua rata-rata. Secara umum ANOVA merupakan salah satu dari uji hipotesis pada statistika parametrik yang digunakan untuk melakukan pengujian terhadap interaksi antara dua faktor dalam suatu percobaan dengan membandingkan rata-rata lebih dari dua sampel. ANOVA digunakan pada penelitian yang banyak melibatkan pengujian komparatif, yaitu menguji variabel terikat dengan cara membandingkan pada kelompok-kelompok sampel independen yang diamati. Analisis varians banyak digunakan dalam penelitian survei dan eksperimen (Fitriani, 2014). Asumsi-asumsi yang digunakan dalam ANOVA sebagai berikut.

1. Masing-masing populasi saling independen di dalam kelompoknya.
2. Populasi-populasi yang diteliti memiliki distribusi normal.
3. Populasi-populasi tersebut memiliki standar deviasi yang sama (atau variansi yang sama).
4. Sampel yang ditarik dari populasi tersebut bersifat bebas, dan sampel ditarik secara acak.

Analisis varians satu arah merupakan analisis yang menggunakan data hasil pengamatan pengaruh satu faktor. Berdasarkan tiap populasi secara independen untuk diambil sebuah sampel acak, berukuran n_1 dari populasi pertama, n_2 dari populasi kedua dan seterusnya yang berukuran n_k dari populasi ke k . Data sampel akan dinyatakan dengan Y_{ij} yang berarti data ke- j dalam sampel yang diambil dari populasi ke- i (Sudjana, 2001).

Secara umum analisis varians satu arah atau yang sering disebut dengan rancangan acak lengkap yaitu suatu prosedur untuk menguji perbedaan rata-rata atau pengaruh perlakuan dari beberapa populasi (lebih dari dua) dari suatu percobaan yang menggunakan satu faktor, dimana satu faktor tersebut memiliki 2 atau lebih level. Anova satu arah digunakan untuk membandingkan lebih dari dua rata-rata atau melihat perbandingan lebih dari dua kelompok data (Fitriani, 2014). Perumusan hipotesis yang digunakan untuk ANOVA satu arah adalah sebagai berikut.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ (Tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata variabel respon).

$H_1 : \mu_k \neq 0$ (Minimal terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata variabel respon).

Statistik uji :

Tabel 2.6 Uji Analisis Varians Satu Arah

| Sumber variasi | Derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Rataan Kuadrat | F_{hitung} |
|----------------|---------------|---|-------------------|-------------------|
| Perlakuan | k-1 | $\frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T_{..}^2}{nk}$ | $\frac{JKP}{dbp}$ | $\frac{RKP}{RKG}$ |
| Galat | k(n-1) | $\left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{nk} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T_{..}^2}{nk} \right)$ | $\frac{JKG}{dbg}$ | |
| Total | nk-1 | $\left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n X_{ij}^2 - \frac{T_{..}^2}{nk} \right)$ | | |

$$F_{hitung} = \frac{RKP}{RKG} \quad (2.8)$$

Dengan $\sum_{i=1}^k T_i$ adalah jumlah semua pengamatan dari populasi ke- i , $\sum_{i=1}^k T_{..}$ adalah jumlah semua pengamatan dari semua populasi, dan n adalah banyaknya data pengamatan. anyaknya variable antar grup dan n adalah banyaknya data. Perhitungan pada persamaan (2.8) dapat dijelaskan dalam Tabel 2.6. Apabila ditetapkan taraf signifikan (α), maka H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

2.8 Peta Kendali $\bar{X} - R$

Peta kendali adalah peta yang menunjukkan batas-batas kendali yang dihasilkan oleh suatu proses yang sedang berjalan dengan tingkat kepercayaan tertentu. Peta kendali (*Control Chart*) merupakan salah satu alat yang digunakan oleh produksi untuk mengendalikan proses produksi secara statistik atau lebih dikenal dengan istilah *Statistical Process Control* (SPC). *Control Chart* (peta kendali) juga merupakan salah satu alat dari 7 alat pengendalian kualitas (*QC 7 Tools*) dan digolongkan menjadi 2 kategori berdasarkan jenis data yang diukur.

Pengelompokan jenis-jenis peta kendali tergantung pada tipe datanya, selain itu dapat dijelaskan bahwa dalam konteks pengendalian proses statistika dikenal dua jenis data sebagai berikut.

1. Data *Variabel* (*Variable* data) merupakan data kuantitatif. Contoh dari data variabel karakteristik kualitas adalah: diameter pipa, ketebalan produk kayu lapis, berat semen dalam kantong, dll. Ukuran-ukuran berat, panjang, lebar, tinggi, diameter, volume biasanya data variabel.
2. Data *Atribut* (*Attributes* Data) merupakan data kualitatif dengan skala pengukuran yang dapat dihitung. Contoh dari data atribut karakteristik kualitas adalah ketiadaan label pada kemasan produk, kesalahan proses administrasi, banyaknya jenis cacat pada produk,

banyaknya produk kayu lapis yang cacat karena corelap, dll. Data atribut biasanya diperoleh dalam bentuk unit-unit non-conforms atau ketidaksesuaian dengan spesifikasi atribut yang ditetapkan.

Pada penelitian ini, peta variabel yang digunakan adalah peta kendali $\bar{X}-R$. Diagram $\bar{X}-R$ adalah jenis diagram kontrol yang digunakan di dunia industri atau bisnis untuk memonitor data variabel dimana sampel didapat dari sebuah proses industri atau bisnis dengan interval yang pasti dengan menggunakan sistim rasionalisasi subgroup. Peta kendali variabel $\bar{X}-R$ digunakan untuk mengukur kualitas suatu produk dengan menggunakan data yang bersifat kontinu. Data yang bersifat variabel diperoleh dari hasil pengukuran dimensi seperti berat, panjang, lebar, tebal, dan temperatur. Terdapat tiga jenis peta kendali yang bisa digunakan untuk mengendalikan karakteristik kualitas variabel yaitu peta kendali \bar{X} , peta kendali R dan peta kendali S. Peta kendali dengan keadaan sampel jumlahnya (n) adalah 2-10 maka menggunakan peta \bar{X} dan R karena peta kendali \bar{X} menunjukkan nilai rata-rata sampel dan peta kendali R menggambarkan kisaran sampel (Montgomery, 2009).

Tabel 2.7 Struktur Data Peta Kendali $\bar{X}-R$

| Sampel | Hasil Pengamatan | | | | Perhitungan | |
|----------|------------------|-----------------|-----|-----------------|--------------------|--------------|
| | X_{1i} | X_{2i} | ... | X_{ki} | Rata-rata | Range |
| 1 | X_{11} | X_{21} | ... | X_{k1} | \bar{X}_1 | R_1 |
| 2 | X_{12} | X_{22} | ... | X_{k2} | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |
| N | X_{1n} | X_{2n} | ... | X_{kn} | | |
| Σ | ΣX_{1i} | ΣX_{2i} | ... | ΣX_{ki} | $\Sigma \bar{X}_i$ | ΣR_i |

Langkah-langkah dalam pembuatan peta kendali variabel $\bar{X}-R$ adalah sebagai berikut.

- a. Tentukan ukuran subgrup atau jumlah produk yang diobservasi setiap kali melakukan observasi (n).
- b. Tentukan banyaknya subgrup.
- c. Hitung nilai rata-rata dari setiap subgrup sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n_i} \quad (2.9)$$

Dengan \bar{X} adalah rata-rata nilai x pada subgrup sampel ke- i , n_i adalah banyaknya sampel pada subgrup ke- i , dan $\sum_{i=1}^n X_i$

adalah jumlah nilai x pada subgrup sampel ke- i .

- d. Hitung nilai rata-rata seluruh \bar{X} yang merupakan garis tengah atau Center line (CL), UCL, LCL untuk peta kendali \bar{X} sebagai berikut.

$$CL = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}}{m} \quad (2.10)$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + (A_2 * \bar{R}) \quad (2.11)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - (A_2 * \bar{R})$$

Dengan CL adalah garis nilai tengah, UCL adalah batas kendali atas, LCL adalah batas kendali bawah, dan A_2 adalah nilai tetapan.

- e. Hitung nilai selisih data terbesar dengan data terkecil dari setiap subgrup, yaitu Range (R) sebagai berikut.

$$R = X_{i \text{ maks}} - X_{i \text{ min}} \quad (2.12)$$

- f. Hitung nilai rata-rata dari seluruh \bar{R} , yaitu \bar{R} yang merupakan center line dari peta kendali R .

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_m}{m} \quad (2.13)$$

Dengan \bar{R} adalah rata-rata R , $\sum_{i=1}^m R_m$ adalah jumlah nilai

R , dan m adalah banyaknya subgrup.

g. Hitung batas kendali untuk peta kendali R .

$$CL = \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_m}{m} \quad (2.14)$$

$$UCL = D_4 * \bar{R} \quad (2.15)$$

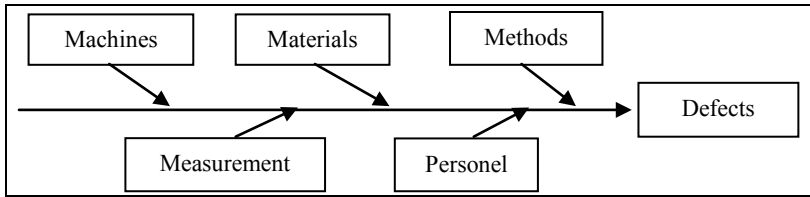
$$LCL = D_3 * \bar{R}$$

h. Hitung indeks kapabilitas proses.

2.9 Diagram Ishikawa

Diagram *Fishbone* sering juga disebut dengan istilah diagram *Ishikawa*. Penyebutan diagram ini sebagai diagram *Ishikawa* karena yang mengembangkan model diagram ini adalah Dr. Kaoru Ishikawa pada sekitar Tahun 1960-an. Penyebutan diagram *Fishbone* karena diagram ini bentuknya menyerupai kerangka tulang ikan yang bagian-bagiannya meliputi kepala, sirip, dan duri.

Diagram *Ishikawa* merupakan suatu alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan secara grafik menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu permasalahan. Diagram ini memang berbentuk mirip dengan tulang ikan yang moncong kepalanya menghadap ke kanan. Diagram ini akan menunjukkan sebuah dampak atau akibat dari sebuah permasalahan, dengan berbagai penyebabnya. Efek atau akibat dituliskan sebagai moncong kepala. Sedangkan tulang ikan diisi oleh sebab-sebab sesuai dengan pendekatan permasalahannya (Eriskusnadi, 2011). Bagian-bagian dari diagram *Ishikawa* adalah sebagai berikut.



Gambar 2.1 Diagram *Ishikawa* (Sebab-Akibat)

2.10 Penentuan Indeks Kapabilitas Proses

Penentuan kapabilitas proses dilakukan setelah proses telah berada dalam batas kendali. Sebuah proses dikatakan berada dalam batas kendali jika variasi yang terjadi pada sistem disebabkan oleh variasi penyebab umum.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2.16)$$

Dengan *USL* (*Upper Specification Limit*) dan *LSL* (*Lower Specification Limit*) adalah batas spesifikasi atas dan batas spesifikasi bawah dari produk. Sedangkan σ adalah standar deviasi dari proses. Setelah menghitung C_p , kemudian menghitung nilai indeks C_{pk} , yaitu C_{pk} adalah nilai minimum (C_{pu} , C_{pl}) seperti pada persamaan sebagai berikut (Montgomery, 2009).

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma}, C_{pl} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \quad (2.17)$$

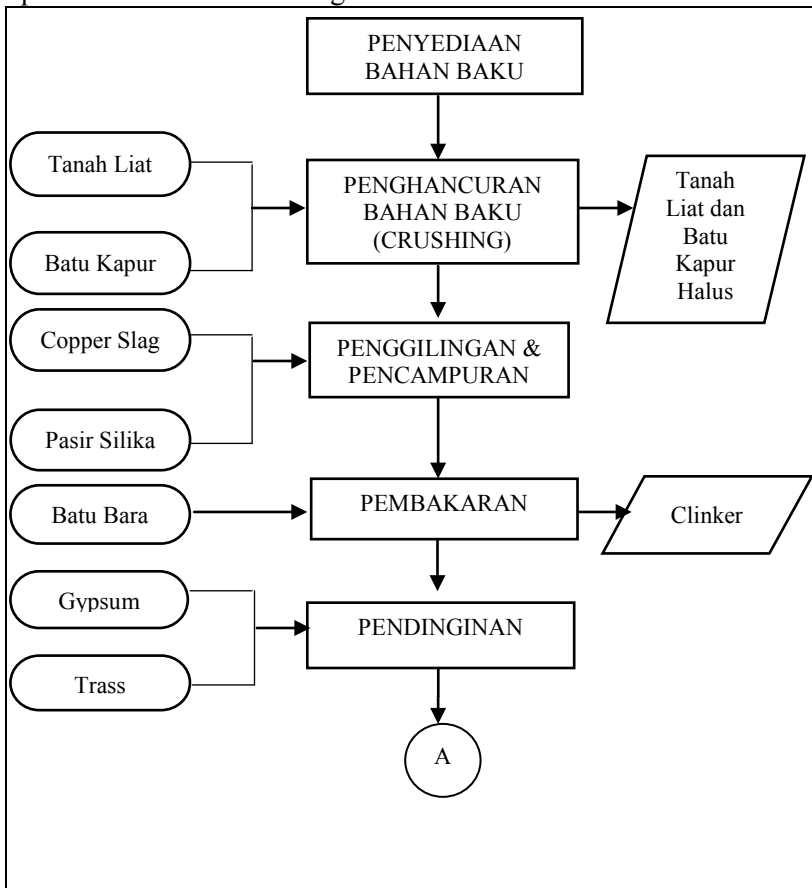
Dengan kriteria penilaian sebagai berikut.

1. Jika $C_{pk} > 1$, maka proses menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi.
2. Jika $C_{pk} < 1$, maka proses menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi.

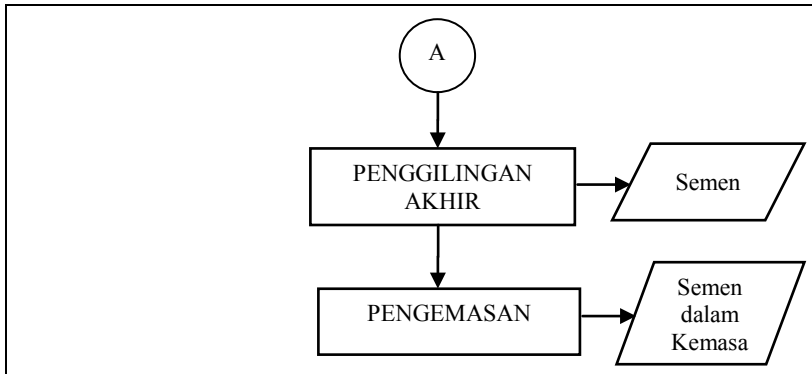
2.11 Proses Produksi Semen

Semen adalah suatu campuran senyawa zat kimia yang bersifat hidrolis, yang artinya jika dicampur dengan air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan-bahan lain menjadi satu yang dapat memadat dan mengeras (Adira, 2011). Produk semen

yang terdapat di PT. Semen Indonesia Tbk. sangat beragam jenisnya yaitu semen Portland Tipe I, semen Portland Tipe II, Portland Tipe III, *Portland Pozzolan Cement* (PPC), dan sebagainya. Dari 10 jenis semen tersebut, produk semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Pozzolan Cement* (PPC) karena memiliki komposisi pembuatan untuk produk semen sebesar 80% (Semen, 2014). Proses produksi pembuatan produk semen adalah sebagai berikut.



Gambar 2.2 Proses Produksi Semen



Gambar 2.3 Proses Produksi Semen (Lanjutan)

Gambar 2.2 dan Gambar 2.3 menunjukkan total waktu yang digunakan untuk mencapai kuat tekan produk semen sebesar 252 kg/cm^2 dengan waktu yang dibutuhkan selama 5 j am, sedangkan untuk mencapai kuat tekan sebesar 696 kg/cm^2 dibutuhkan waktu selama 24 j am. Selain itu dapat dijelaskan tahap-tahap dalam proses produksi sebagai berikut.

1. Penyediaan Bahan Baku

Pada unit penyediaan bahan baku ini meliputi penyediaan bahan tambang berupa batu kapur dan tanah liat serta bahan beli berupa pasir silika dan *copper slag*. Penyediaan bahan baku adalah sebagai berikut.

a. Penyediaan Batu Kapur

Batu kapur diperoleh dengan cara ditambang. Proses penambangan dilakukan dengan dua metode yaitu Peledakan (*Blasting*) dan *Surface Miner*. Adapun tahap-tahap penambangan yaitu pembersihan (*Clearing*), pengupasan (*Stripping*), pengeboran (*Drilling*), peledakan (*Blasting*), pengerukan (*Digging*) dan pemuatan (*Loading*), serta penghancuran awal (*Crushing*).

b. Penyediaan Tanah Liat

Tanah liat diperoleh dari proses penambangan. Tahap-tahap penambangan tanah liat yaitu, pembersihan (*Clearing*), pengupasan (*Stripping*), pengerukan (*Digging*) dan pemuatan

(*Loading*), dan penghancuran awal (*Crushing*). Setelah bahan baku berupa tanah liat dan batu kapur tersedia, maka kedua bahan baku tersebut dicampur hingga menjadi satu dan disimpan pada tempat yang telah tersedia di dalam pabrik.

2. Penghancuran Bahan Baku (*Crushing*)

Penggilingan bahan baku (*Crushing*) merupakan proses penghalusan batu kapur dan tanah liat. Pada penghalusan batu kapur digunakan alat penghancur jenis "*Hammer Mill Crusher*" sedangkan pada tanah liat digunakan jenis *Cutter*. Tahap-tahap penghancuran bahan baku yaitu, *Limestone Crusher* dan *Clay Crusher*.

3. Penggilingan dan Pencampuran Bahan Baku (*Raw Mill*)

Unit *Raw Mill* bertugas menyiapkan bahan mentah yang diperlukan sebagai umpan Kiln. Unit *Raw Mill* terdiri atas *Raw Material Reclaiming*, dan *Raw Grinding*. Tahap-tahap penggilingan dan pencampuran bahan baku yaitu *Raw Material Reclaiming* dan *Raw Grinding*. Setelah bahan baku siap untuk digunakan, maka tentukan proporsi jumlah campuran bahan baku. Semua bahan baku digiling hingga 90 l igron dengan menggunakan mesin raw mill, atur suhu dalam komputer. Setelah semua bahan baku tercampur, maka bahan tersebut dapat disimpan di dalam silo atau tempat penyimpanan hingga kondisi homogen.

4. Pembakaran

Unit pembakaran merupakan unit terpenting dalam pembuatan semen. Unit pembakaran terdiri atas *Blending Silo*, *Suspension Preheater*, *Rotary Kiln*, *Clinker*, dan *Cooler*. Tahap-tahap pada proses pembakaran yaitu *Blending Silo*, *Suspension Preheater*, *Rotary Kiln*, dan *Clinker Cooler*. Setelah semua bahan telah tercampur, maka dilakukan proses pembakaran dengan suhu 1350°C-1400°C hingga menjadi butiran terak yang selanjutnya di dinginkan dalam mesin pendinginan.

5. Penggilingan dan Pencampuran Produk Semen

Tahap penggilingan dan pencampuran produk semen (*Finish Mill*) merupakan tahap penggilingan atau pencampuran

bahan terakhir pada proses pembuatan semen. Tujuan dari proses *Finish Mill* adalah menambahkan bahan lain seperti *gypsum* dan *trass* untuk menambah sifat fisik dan kimia dari produk semen. Penambahan bahan tambahan tersebut menentukan jenis dari produk semen yang dihasilkan. Produk yang dihasilkan dapat berupa PPC dan OPC. Pada tahap penggilingan dan pencampuran produk semen terdiri atas sub unit penanganan *Clinker* dan penggilingan bahan tambahan serta sub unit penggilingan akhir (*Finishing Mill*), yang selanjutnya disimpan di dalam penyimpanan silo-silo di pabrik. Penggilingan dan pencampuran produk semen melalui penanganan *Clinker* dan penggilingan bahan tambahan, serta penggilingan akhir (*Finishing Mill*).

6. Pengantongan atau Pengemasan (*Packaging*)

Unit pengisian dan pengantongan semen berfungsi sebagai penyimpanan, pengisian dan pengantongan semen. Semen disimpan dalam *cement silo* dan dialirkan ke *bin roto packer* untuk di *packing*. Pengantongan semen diatur dalam berat 50 kg untuk OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan 40 kg untuk PPC (*Pozzolan Portland Cement*).

Tahap pengantongan semen dimulai dari silo penyimpanan semen, yaitu silo 5,6,7,8 yang masing-masing berkapasitas 20.000 ton. Alur proses pengantongan semen dimulai dari jatuhnya semen ke *Air Slide* kemudian semen diangkut oleh *Bucket Elevator*. Dari *Bucket Elevator* material semen dilewatkan *Air Slide* dan *Vibrating Screen* untuk memisahkan semen dengan kotoran pengganggu. Setelah diayak semen berukuran 325 mesh masuk ke dalam *Bin Semen*. Untuk semen curah, semen masuk ke *Bin Semen Curah* kemudian diangkut dengan menggunakan truk dengan kapasitas 18-40 ton untuk didistribusikan ke konsumen.

Setelah melewati *Bin Semen* dilewatkan ke *Bin Semen* yang lebih kecil melalui *Air Slide* selanjutnya diangkut ke *Bin Roto Packer* yang didalamnya dilengkapi dengan *Spot Tube*, yaitu semacam suntikan untuk memasukkan semen ke dalam kantong semen. Pemasukan semen ke dalam kantong diatur rentang berat

49,5-50,5 kg untuk semen jenis OPC (*Ordinary Portland Cemen*) dengan berat 50 kg dan rentang berat 39,5-40,5 kg untuk semen jenis PPC (*Pozzolan Portland Cement*) dengan berat 40 k g. Semen yang tidak lolos akan diayak dan dibawa *Screw Conveyor* kemudian dikembalikan ke *Bucket Elevator*. Semen yang lolos ayakan dibawa ke *Belt Conveyor* menuju truk untuk didistribusikan ke konsumen.

2.12 Material Bahan Baku Tambahan

Peningkatan kapasitas, volume produksi semen dan pemakaian material selama tahun 2013 di PT. Semen Indonesia Tbk. menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan periode sebelumnya. Secara umum, material yang digunakan untuk proses produksi semen yaitu bahan baku dan bahan pendukung yang bersifat tidak bisa diperbaharui, serta bahan pendukung yang berasal dari hasil daur ulang.

Material yang didaur ulang diantaranya adalah limbah industri yang masuk dalam kategori limbah berbahaya dan beracun (B3), seperti *spent earth*, *filter aid*, *dust* EAF, *resin*, *dust aluminium*, *paper sludge*, dan *steel slag*. Pemanfaatan dilakukan melalui metode *Co-Processing* dengan cara pembakaran pada suhu tinggi (1.400°C), sehingga logam berat yang terkandung dalam limbah tersebut terdekomposisi menjadi senyawa oksida yang tidak berbahaya bagi lingkungan namun dapat meningkatkan kualitas semen yang dihasilkan.

Beberapa material hasil daur ulang diperoleh dengan cara didatangkan dari pihak lain melalui proses pengangkutan melibatkan pihak ketiga yang memiliki izin pengumpulan dan pengangkutan dari Kementerian Lingkungan Hidup, dan dilakukan dengan pengawasan ketat, sehingga selama tahun 2013 tidak pernah dilaporkan terjadinya kebocoran yang berpotensi mencemari lingkungan (Semen, 2013). Berikut ini material yang digunakan dan material hasil daur ulang sebagai berikut.

Tabel 2.8 Material Digunakan dan Material Hasil Daur Ulang

| Material | Uraian |
|----------------------------|---|
| Batuan kapur | Bahan baku, tidak bisa diperbaharui |
| Tanah liat | Bahan baku, tidak bisa diperbaharui |
| Pasir silica | Bahan pembantu, tidak bisa diperbaharui |
| Copper slag dan steel slag | Bahan pembantu, hasil daur ulang |
| Pasir besi | Bahan pembantu, tidak bisa diperbaharui |
| Batu kapur filter | Bahan baku, tidak bisa diperbaharui |
| Gypsum | Bahan pembantu, hasil daur ulang |
| Trass | Bahan pembantu, tidak bisa diperbaharui |
| Fly ash | Bahan pembantu, hasil daur ulang |
| Limbah B3 | Bahan pembantu, hasil daur ulang |
| Return dust | Bahan pembantu, hasil daur ulang |

Kondisi pemanfaatan material daur ulang di PT. Semen Indonesia Tbk. tahun 2013 mengalami peningkatan sebesar 5,34%. Hal ini dikarenakan selama tahun 2013 Perseroan dan entitas anak usaha terus melakukan berbagai inovasi yang ditujukan untuk efisiensi yang bersumber dari alam. Selanjutnya secara bertahap dan berkesinambungan, PT. Semen Indonesia Tbk. berupaya untuk menjadi perusahaan semen yang ramah lingkungan. Material bahan baku tambahan yang digunakan untuk peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen adalah clinker, gypsum, trass, batu kapur, dan fly ash. Ukuran yang digunakan untuk mengukur kuat tekan produk semen yaitu kuat tekan produk semen selama 1 hari, 3 hari dan 7 hari. (Semen, 2013).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kualitas kuat tekan produksi semen selama 7 hari sebagai variabel respon (Y) yang dihasilkan dari hasil pengolahan bahan baku tambahan sebagai variabel prediktor (X) pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 sebagai berikut.

1. Clinker (X_1)

Clinker adalah bahan padat yang dihasilkan dari proses pembakaran dalam kiln membentuk butiran-butiran dengan ukuran diameter pada umumnya adalah 3-25. Clinker merupakan bahan utama dalam pembuatan semen yang memiliki satuan ukuran prosentase (%), dengan penambahan kalsium sulfat sedikit maka akan menjadi produk semen (Ayu, 2010). Penambahan clinker pada proses pembuatan semen >65% dan telah sesuai dengan aturan standar Nasional yang ditetapkan oleh Pemerintah.

2. Gypsum (X_2)

Gypsum adalah senyawa kalsium sulfat anhydrous, dengan satuan ukuran prosentase (%). Fungsi dari penambahan gypsum adalah memperlambat waktu pengerasan semen, gypsum ditambahkan pada tahap akhir dalam proses produksi semen dengan menambahkan sekitar 3-5% yang diimbangi kadar air mineral minimal 10% (Yohanita, 2011).

3. Trass (X_3)

Trass merupakan salah satu jenis Pozzolan yang termasuk dalam Pozzolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan atau aluminat yang reaktif, dengan satuan ukuran prosentase (%). Pemanfaatan trass sebagai bahan ikat tambahan dalam meningkatkan kuat tekan semen, dengan menggunakan komposisi yang bervariasi, sehingga dapat mengurangi penggunaan pasir dan bahan ikat semen tanpa mengabaikan aturan yang ada (Kristiyanto, 2015).

4. Batu Kapur (X_4)

Batu kapur merupakan salah satu komponen utama pada proses pembuatan semen selain tanah liat yang merupakan sumber kalsium oksida, dengan menggunakan batu kapur sebanyak 5-6% dan memiliki satuan ukuran prosentase (%) (Rudianto, 2010).

5. Fly Ash (X_5)

Fly ash adalah bagian dari sisa pembakaran batubara pada boiler pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk partikel halus dan bersifat Pozzolan membentuk senyawa yang bersifat mengikat, dengan satuan ukuran prosentase (%). Saat ini pemanfaatan fly ash di Indonesia hanya sedikit yang digunakan sebagai bahan tambahan ataupun sebagai substitusi parsial semen Portland (Farida Marzuki & Jogaswara, 2007). Pemanfaatan fly ash di PT. Semen Indonesia Tbk. yaitu dengan pemberian fly ash sebanyak 2 %, hal ini dikarenakan tidak mungkin memberikan fly ash dengan kadar lebih dari 2% untuk menghindari kegagalan proses produksi.

6. Kuat Tekan Produk Semen Selama 7 Hari (Y)

Kuat tekan produk semen merupakan hasil akhir dari pengolahan dan pencampuran bahan baku tambahan, dengan menggunakan satuan ukuran kg/cm^2 . Cara pengukuran kuat tekan produk semen dengan menggunakan alat uji berupa jarum yang berada di laboratorium jaminan mutu, alat uji tersebut telah diatur sesuai dengan aturan yang ditetapkan oleh Perusahaan dan Pemerintah (Semen, 2013).

3.2 Cara Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan data sekunder, dimana data sekunder yang diambil adalah data karakteristik kualitas kuat tekan produksi semen di PT. Semen Indonesia Tbk. Cara pengambilan sampel untuk mengukur kualitas kuat tekan produksi semen yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

1. Pengambilan sampel dilakukan melalui 5 tahapan, yaitu pengukuran campuran bahan clinker, gypsum, trass, batu kapur, dan fly ash.
2. Setelah melewati ke-lima tahapan tersebut, maka untuk menghasilkan kualitas kuat tekan semen yang baik, dilakukan melalui metode *Co-Processing* dengan cara pembakaran pada suhu tinggi (1.400°C).
3. Melalui metode *Co-Processing*, maka Logam berat yang terkandung dalam ke-lima bahan baku tambahan tersebut terdekomposisi menjadi senyawa oksida yang tidak berbahaya bagi lingkungan.
4. Pada tahap akhir, produk semen akan diperiksa kembali pada tahap operasional akhir untuk memastikan logam yang terkandung dalam limbah tidak berbahaya bagi lingkungan, sehingga dapat meningkatkan kualitas semen yang dihasilkan serta memastikan pengukuran kualitas kuat tekan produk semen secara kimia sesuai dengan ketentuan spesifikasi Perusahaan.

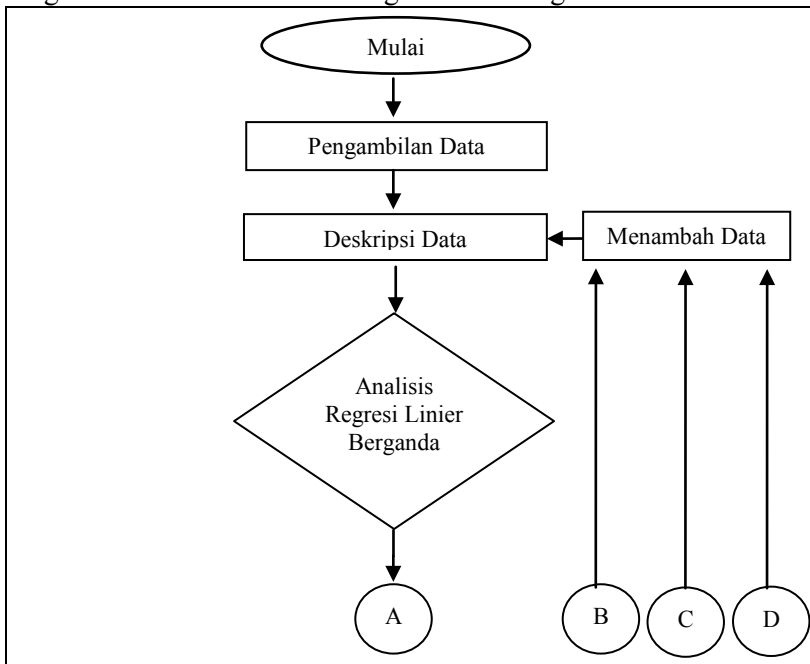
1.3 Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan untuk mengetahui kualitas kuat tekan produksi semen di PT. Semen Indonesia Tbk. adalah sebagai berikut.

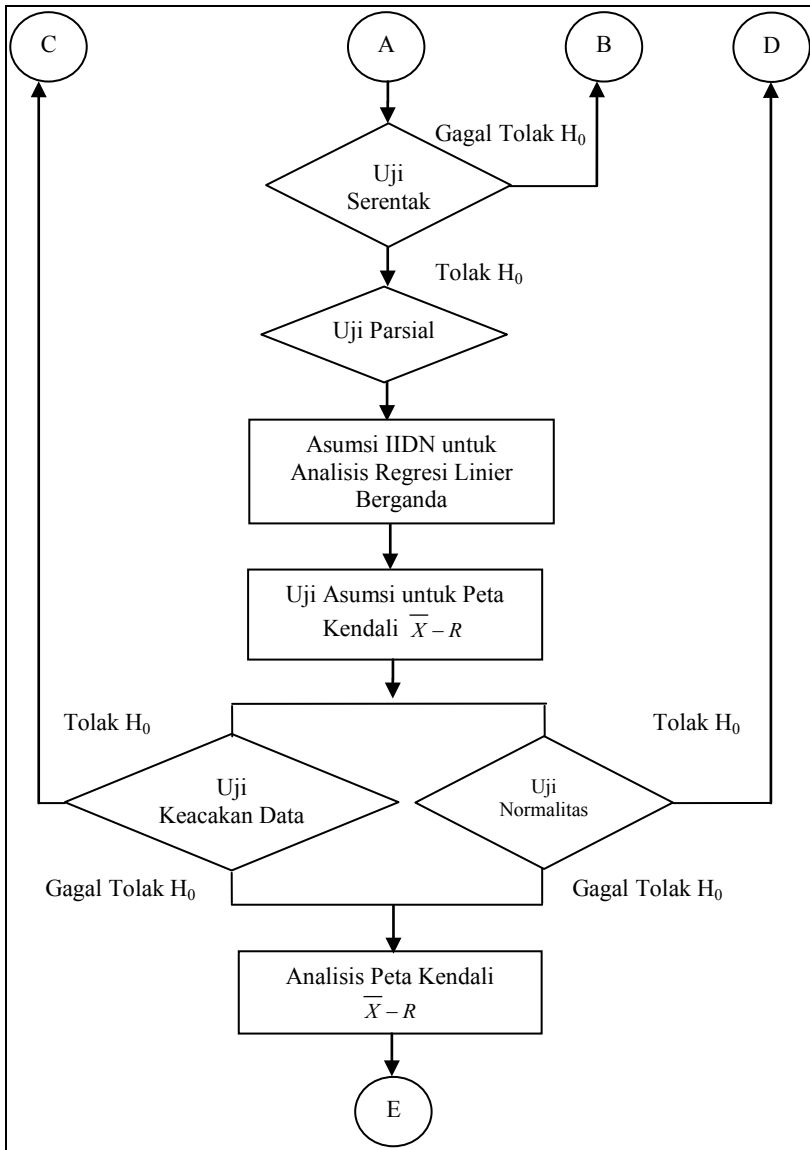
1. Mendeskripsikan data pengaruh bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen.
2. Menganalisis regresi linier berganda melalui uji serentak dan uji parsial untuk mengetahui signifikansi pengaruh bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen.
3. Memeriksa asumsi IIDN (Identik, Independen, Berdistribusi Normal) secara visual dan manual untuk mengetahui apakah asumsi telah terpenuhi.
4. Mendeskripsikan data kuat tekan produk semen pada bulan Mei hingga Oktober tahun 2014.

5. Menguji asumsi keacakan data dan normalitas data kuat tekan produk semen pada bulan Mei hingga Oktober tahun 2014.
6. Menganalisis peta kendali $\bar{X} - R$ untuk mengetahui kuat tekan produksi semen terkendali secara statistik atau tidak terkendali secara statistik.
7. Menganalisis diagram *Ishikawa* untuk mengetahui faktor-faktor penyebab proses produksi yang out of control (tidak terkendali) secara statistik.
8. Menganalisis kapabilitas proses untuk mengetahui apakah proses produksi telah ideal dan sesuai dengan spesifikasi.
9. Membuat kesimpulan.

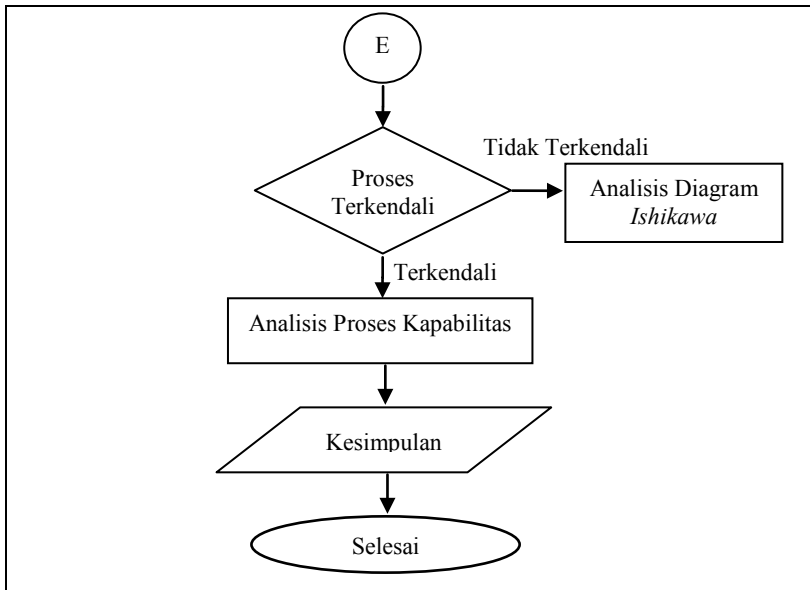
Berdasarkan uraian langkah analisis diatas, maka dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 Flowchart Langkah Analisis



Gambar 3.2 Flowchart Langkah Analisis (Lanjutan 1)



Gambar 3.3 Flowchart Langkah Analisis (Lanjutan 2)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Kuat Tekan Produk Semen

Analisis regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui pola hubungan secara linier antara beberapa bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen.

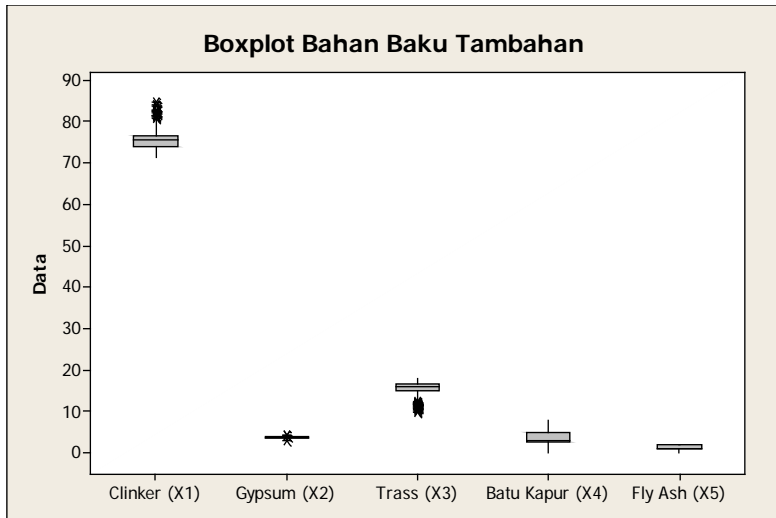
4.1.1 Deskripsi Data

Komposisi bahan baku tambahan produksi semen pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 dapat dirangkum dalam Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Komposisi Bahan Baku Tambahan (%)

| No | Variabel | Rata-rata | StDev | Varsians | Range | Min | Maks |
|-------|----------------------|-----------|-------|----------|--------|--------|---------|
| 1 | Clinker (X_1) | 75,940 | 2,595 | 6,733 | 13,418 | 71,482 | 84,900 |
| 2 | Gypsum (X_2) | 3,723 | 0,281 | 0,079 | 1,474 | 2,994 | 4,468 |
| 3 | Trass (X_3) | 15,687 | 1,704 | 2,903 | 8,000 | 10,000 | 18,000 |
| 4 | Batu Kapur (X_4) | 3,272 | 1,697 | 2,880 | 8,000 | 0,000 | 8,000 |
| 5 | Fly Ash (X_5) | 1,391 | 0,521 | 0,271 | 2,000 | 0,000 | 2,000 |
| Total | | 100 | 6,798 | 12,866 | 32,892 | 84,476 | 117,368 |

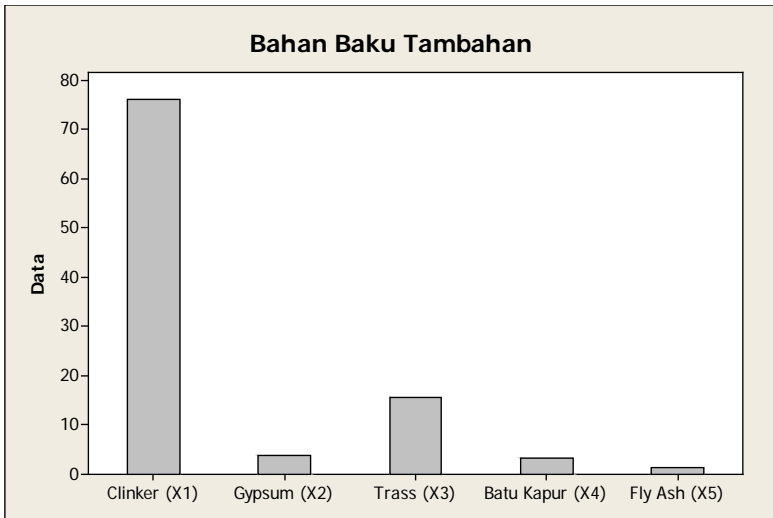
Tabel 4.1 menunjukkan bahwa secara umum komposisi 5 bahan baku tambahan dalam peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014, rata-rata prosentase komposisi bahan baku tambahan paling tinggi terletak pada bahan baku tambahan clinker sebesar 75,940% sedangkan rata-rata komposisi bahan baku tambahan paling rendah terletak pada bahan baku tambahan fly ash sebesar 1,391%. Sebaran data yang ditunjukkan oleh nilai standar deviasi paling tinggi yaitu komposisi bahan baku tambahan clinker sebesar 2,595% dan varsians paling tinggi terletak pada bahan baku tambahan clinker sebesar 6,733%. Jangkauan komposisi bahan baku tambahan paling tinggi terletak pada bahan baku tambahan clinker sebesar 13,418%, dengan nilai minimum sebesar 71,482% dan nilai maksimum sebesar 84,900%.



Gambar 4.1 *Boxplot* Komposisi Bahan Baku Tambahan (%)

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa secara visual, menggambarkan komposisi bahan baku tambahan batu kapur dan fly ash cenderung simetris dan berpusat di median. Hal ini dapat dilihat dari jarak median ke kuartil 1 dan jarak median ke kuartil 3 yang cenderung memiliki nilai yang sama panjangnya, selain itu nilai rata-rata juga berada disekitar nilai median, dan tidak terdapat data pencilan atau data outlier. Pada komposisi bahan baku tambahan clinker, gypsum, dan trass cenderung tidak simetris dan tidak berpusat di median. Hal ini dapat dilihat pada ke-tiga bahan baku tambahan tersebut bahwa jarak median ke kuartil 1 dan jarak median ke kuartil 3 cenderung tidak memiliki nilai yang sama panjangnya, selain itu nilai rata-rata juga tidak berada di sekitar nilai median. Terdapat data pencilan atau data outlier pada ke-tiga komposisi bahan baku tambahan tersebut.

Gambar 4.2 menggambarkan komposisi bahan baku tambahan clinker lebih berpengaruh tinggi terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produksi semen dibandingkan dengan komposisi bahan baku tambahan lainnya.



Gambar 4.2 Histogram Komposisi Bahan Baku Tambahan (%)

4.1.2 Pemodelan Pertama

Untuk mengetahui hubungan secara linier antara satu variabel independen (X_1 dan X_4) terhadap variabel dependen (Y), dan variabel independen (X_2 , X_3 , dan X_5) terhadap variabel dependen (Y). Pada pemodelan pertama akan mengetahui hubungan secara linier antara pengaruh komposisi bahan baku tambahan clinker (X_1) dan batu kapur (X_4) terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen di PT. Semen Indonesia Tbk. sebagai variabel (Y).

Diperoleh model persamaan regresi linier berganda sebagai berikut.

$$Y = -532 + 10,1 \text{ clinker } (X_1) + 10,4 \text{ batu kapur } (X_4)$$

Dalam uji serentak menggunakan ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen (X) berpengaruh secara signifikan atau tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen (Y). Perumusan hipotesis dan hasil uji serentak adalah sebagai berikut.

$H_0 : \beta_1 = \beta_4 = 0$ (Komposisi bahan baku tambahan clinker dan batu kapur tidak berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen)

$H_1 : \beta_j \neq 0$ (minimal terdapat salah satu komposisi bahan baku tambahan clinker dan batu kapur yang berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen).

Statistik uji :

Tabel 4.2 Uji Serentak Model Pertama

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|-----------|--------|------|-------|
| Regression | 2 | 66.150 | 33.075 | 5,49 | 0,005 |
| Residual Error | 177 | 1.067.016 | 6.028 | | |
| Total | 179 | 1.133.165 | | | |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $F_{hitung} (5,49) > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)} (0,051)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,005) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya minimal terdapat salah satu dari komposisi bahan baku tambahan clinker dan batu kapur yang berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen di PT. Semen Indonesia Tbk.

Setelah dilakukan analisis uji serentak adalah melakukan uji parsial untuk menguji satu per satu atau setiap bagian dari koefisien variabel yang ada sebagai berikut.

a. Uji Parsial β_0

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variabel konstan (Y) sebagai berikut.

$H_0 : \beta_0 = 0$ (Kuat tekan produk semen tidak berpengaruh signifikan).

$H_1 : \beta_0 \neq 0$ (Kuat tekan produk semen berpengaruh signifikan).

Statistik uji :

Tabel 4.3 Uji Parsial Kuat Tekan Produk Semen (Y)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------|--------|---------|-------|-------|
| Constant | -532,1 | 241,6 | -2,20 | 0,029 |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $|t_{hitung}| > (-2,20) > T_{(\alpha/2; n-2)}$ (-2,261), secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value}$ (0,029) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya bahwa persamaan garis regresi pada data kuat tekan produk semen merupakan model yang signifikan.

b. Uji Parsial β_1

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variabel konstan (X_1) sebagai berikut.

$H_0 : \beta_1 = 0$ (Komposisi bahan baku tambahan clinker tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ (Komposisi bahan baku tambahan clinker berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

Statistik uji :

Tabel 4.4 Uji Parsial Komposisi Bahan Baku Tambahan Clinker (X_1)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-------------------|--------|---------|------|-------|
| Clinker (X_1) | 10,073 | 3,041 | 3,31 | 0,001 |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $|t_{hitung}|$ (3,31) $> T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ (2,261), secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value}$ (0,791) $> \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya bahwa komposisi bahan baku tambahan clinker berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen.

c. Uji Parsial β_4

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variabel konstan (X_4) sebagai berikut.

$H_0 : \beta_4 = 0$ (Komposisi bahan baku tambahan batu kapur tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

$H_1 : \beta_4 \neq 0$ (Komposisi bahan baku tambahan batu kapur berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

Statistik uji :

Tabel 4.5 Uji Parsial Komposisi Bahan Baku Tambahan Batu Kapur (X_4)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|----------------------|--------|---------|------|-------|
| Batu Kapur (X_4) | 10,353 | 4,649 | 2,23 | 0,027 |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau P-value $< \alpha$

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $|t_{hitung}|$ (2,23) $> T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ (2,261), secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,027) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya bahwa komposisi bahan baku tambahan batu kapur berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen.

4.1.3 Pemodelan Kedua

Pada pemodelan kedua akan mengetahui hubungan secara linier antara pengaruh komposisi bahan baku tambahan gypsum (X_2), trass (X_3), dan fly ash (X_5) terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen di PT. Semen Indonesia Tbk. sebagai variabel (Y).

Diperoleh model persamaan regresi linier berganda sebagai berikut.

$$Y = 436 + 24,5 \text{ gypsum}(X_2) - 12,0 \text{ trass}(X_3) - 51,8 \text{ fly ash}(X_5)$$

Dalam uji serentak menggunakan ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen (X) berpengaruh secara signifikan atau tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen (Y). Perumusan hipotesis dan hasil uji serentak adalah sebagai berikut.

$H_0 : \beta_2 = \beta_3 = \beta_5 = 0$ (Komposisi bahan baku tambahan gypsum, trass, dan fly ash tidak berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen)

$H_1 : \beta_j \neq 0$ (minimal terdapat salah satu komposisi bahan baku tambahan gypsum, trass, dan fly ash yang berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen).

Statistik uji :

Tabel 4.6 Uji Serentak Model Kedua

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|-----------|--------|-------|-------|
| Regression | 3 | 178.305 | 59.435 | 10,96 | 0,000 |
| Residual Error | 176 | 954.860 | 5.425 | | |
| Total | 179 | 1.133.165 | | | |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $F_{hitung} (10,96) > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)} (0,117)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,000) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya minimal terdapat salah satu dari komposisi bahan baku tambahan gypsum, trass, dan fly ash yang berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen di PT. Semen Indonesia Tbk.

a. Uji Parsial β_0

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variabel konstan (Y) sebagai berikut.

$H_0 : \beta_0 = 0$ (Kuat tekan produk semen tidak berpengaruh signifikan).

$H_1 : \beta_0 \neq 0$ (Kuat tekan produk semen berpengaruh signifikan).

Statistik uji :

Tabel 4.7 Uji Parsial Kuat Tekan Produk Semen (Y)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------|--------|---------|------|-------|
| Constant | 436,33 | 82,91 | 5,26 | 0,000 |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $|t_{hitung}| > (5,26) > T_{(\alpha/2; n-2)} (2,261)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value}$

$(0,000) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya bahwa persamaan garis regresi pada data kuat tekan produk semen merupakan model yang signifikan.

b. Uji Parsial β_2

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variabel konstan (X_2) sebagai berikut.

$H_0 : \beta_2 = 0$ (Komposisi bahan baku tambahan gypsum tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

$H_1 : \beta_2 \neq 0$ (Komposisi bahan baku tambahan gypsum berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

Statistik uji :

Tabel 4.8 Uji Parsial Komposisi Bahan Baku Tambahan Gypsum (X_3)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|------------------|-------|---------|------|-------|
| Gypsum (X_2) | 24,52 | 20,22 | 1,21 | 0,227 |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau P-value $< \alpha$

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $|t_{hitung}|$ (1,21) $< T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ (2,261), secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,227) $> \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya bahwa komposisi bahan baku tambahan gypsum tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen.

c. Uji Parsial β_3

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variabel konstan (X_3) sebagai berikut.

$H_0 : \beta_3 = 0$ (Komposisi bahan baku tambahan trass tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

$H_1 : \beta_3 \neq 0$ (Komposisi bahan baku tambahan trass berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

Statistik uji :

Tabel 4.9 Uji Parsial Komposisi Bahan Baku Tambahan Trass (X_3)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------------|---------|---------|-------|-------|
| Trass (X_3) | -12,041 | 3,306 | -3,64 | 0,000 |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau P-value $< \alpha$

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $|t_{hitung}|$ (-3,64) $> T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ (-2,261), secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,000) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya bahwa komposisi bahan baku tambahan trass berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen.

d. Uji Parsial β_5

Pada pengujian ini dilakukan terhadap variabel konstan (X_5) sebagai berikut.

$H_0 : \beta_5 = 0$ (Komposisi bahan baku tambahan fly ash tidak berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

$H_1 : \beta_5 \neq 0$ (Komposisi bahan baku tambahan fly ash berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen).

Statistik uji :

Tabel 4.10 Uji Parsial Komposisi Bahan Baku Tambahan Fly Ash (X_5)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-------------------|--------|---------|-------|-------|
| Fly Ash (X_5) | -51,81 | 10,77 | -4,81 | 0,000 |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $|t_{hitung}| > T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ atau P-value $< \alpha$

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $|t_{hitung}|$ (-4,81) $> T_{(\alpha/2; n-k-1)}$ (-2,261), secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,000) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya bahwa komposisi bahan baku tambahan fly ash berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan produk semen.

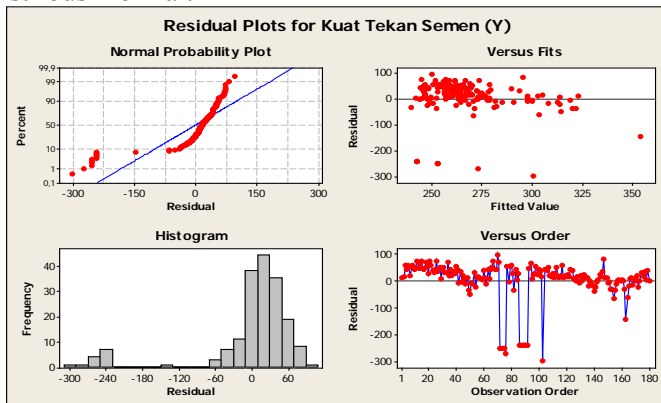
4.1.4 Pemeriksaan Asumsi

Suatu error yang diamati pada kasus ini perlu untuk di periksa asumsi residual identik, independen, dan berdistribusi normal untuk mengetahui apakah residual IIDN memenuhi asumsi-asumsi tersebut atau tidak.

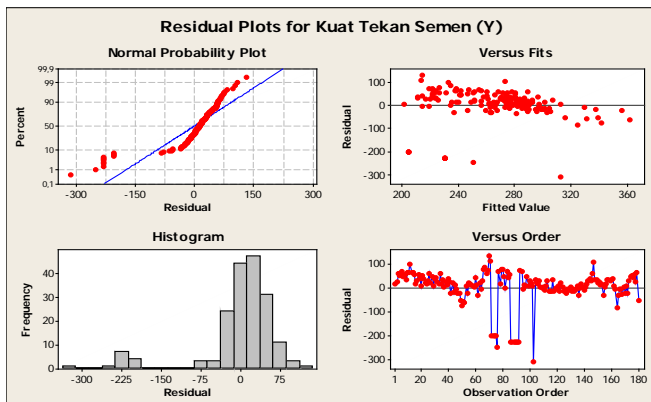
a. Pemeriksaan Asumsi IIDN (Identik, Independen, dan Berdistribusi Normal) Secara Visual

Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada pemodelan pertama dan pemodelan kedua, plot pertama yang terletak di bagian kiri atas “*versus fits*” yaitu plot-plot residual

membentuk suatu pola tertentu dan tidak menyebar secara acak, artinya secara visual residual identik. Plot kedua yang terletak di bagian kiri bawah “*versus order*” menunjukkan bahwa plot-plot residual tidak membentuk suatu pola tertentu dan menyebar secara acak, artinya secara visual residual independen. Plot ketiga yang terletak di bagian kanan atas “*normal probability plot*” menunjukkan bahwa plot-plot residual merah menyebar mengikuti garis linier, artinya secara visual residual berasumsi berdistribusi normal.



Gambar 4.3 Residual Plot IIDN (Pemodelan Pertama)



Gambar 4.4 Residual Plot IIDN (Pemodelan Kedua)

- b. Pemeriksaan Asumsi IIDN (Identik, Independen, dan Berdistribusi Normal) Secara Statistik

Pemeriksaan Asumsi IIDN secara statistik dapat dilakukan dengan melakukan uji *Glejser*, plot ACF (*Autocorrelation Function*) residual, dan uji *Kolmogorov-Smirnov*.

1. Pemeriksaan Asumsi Residual Identik

Untuk mengetahui apakah data identik atau tidak maka dilakukan uji *Glejser*. Perumusan hipotesis sebagai berikut.

Pemodelan Pertama

H_0 : Data residual telah memenuhi asumsi identik.

H_1 : Data residual tidak memenuhi asumsi identik.

Statistik uji :

Tabel 4.11 Uji *Glejser* Pemodelan Pertama

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|---------|--------|------|-------|
| Regression | 2 | 23.468 | 11.734 | 3,12 | 0,047 |
| Residual Error | 177 | 666.018 | 3.763 | | |
| Total | 179 | 689.486 | | | |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k; n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $F_{hitung} (3,12) > F_{(1-\alpha; k; n-k-1)} (0,051)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,047) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya data residual komposisi bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen tidak memenuhi asumsi residual identik.

Pemodelan Kedua

Untuk mengetahui apakah data identik atau tidak maka dilakukan uji *Glejser*. Perumusan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Data residual telah memenuhi asumsi identik.

H_1 : Data residual tidak memenuhi asumsi identik.

Statistik uji :

Tabel 4.12 Uji *Glejser* Pemodelan Kedua

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|---------|--------|-------|-------|
| Regression | 3 | 99.153 | 33.051 | 11,72 | 0,000 |
| Residual Error | 176 | 496.530 | 2.821 | | |
| Total | 179 | 595.683 | | | |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k; n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai F_{hitung} (11,72) $> F_{(1-\alpha; k; n-k-1)}$ (0,051), secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value}$ (0,000) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya data residual komposisi bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen tidak memenuhi asumsi residual identik.

2. Pemeriksaan Asumsi Residual Independen

Untuk mengetahui apakah data memenuhi asumsi independen atau tidak maka dilakukan pengujian keacakan data sebagai berikut.

Pemodelan Pertama

H_0 : Data residual tidak terdapat otokorelasi dan memenuhi asumsi independen.

H_1 : Data residual terdapat otokorelasi dan tidak memenuhi asumsi independen.

Statistik Uji :

Tabel 4.13 Hasil Uji Keacakan Pemodelan Pertama

| Residual Data | N | K | R | n_1 | n_2 | r_{atas} | r_{bawah} | P-value |
|---------------|-----|-------|-----|-------|-------|------------|-------------|---------|
| | 180 | 45,79 | 130 | 73 | 50 | - | - | 0,000 |

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{bawah}$ atau $r > r_{atas}$ dan $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.13 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka secara visual diperoleh nilai $P\text{-value}$ (0,000) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya data residual pengaruh komposisi bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen terdapat otokorelasi dan tidak memenuhi asumsi residual independen.

Pemodelan Kedua

H_0 : Data residual tidak terdapat otokorelasi dan memenuhi asumsi independen.

H_1 : Data residual terdapat otokorelasi dan tidak memenuhi asumsi independen.

Statistik Uji :

Tabel 4.14 Hasil Uji Keacakan Pemodelan Kedua

| Residual Data | N | K | R | n_1 | n_2 | r_{atas} | r_{bawah} | P-value |
|---------------|-----|-------|-----|-------|-------|------------|-------------|---------|
| | 180 | 44,67 | 125 | 77 | 55 | - | - | 0,000 |

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{bawah}$ atau $r > r_{atas}$ dan $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.14 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka secara visual diperoleh nilai $P\text{-value} (0,000) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya data residual pengaruh komposisi bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen terdapat otokorelasi dan tidak memenuhi asumsi residual independen.

3. Pemeriksaan Asumsi Berdistribusi Normal

Untuk mengetahui apakah data mengikuti distribusi normal atau tidak maka dilakukan pengujian Kolmogorov Smirnov. Perumusan hipotesis sebagai berikut.

Pemodelan Pertama

H_0 : Data residual telah memenuhi asumsi berdistribusi normal

H_1 : Data residual tidak memenuhi asumsi berdistribusi normal

Statistik uji :

Tabel 4.15 Uji *Kolmogorov-Smirnov* Pemodelan Pertama

| <i>Kolmogorov-Smirnov</i> | | |
|----------------------------------|---------------|---------|
| Residual Data | KS_{hitung} | P-value |
| | 0,757 | 0,010 |

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$

Tabel 4.15 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $KS_{hitung} (0,757) > KS_{tabel} (0,079)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,010) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0

artinya data residual komposisi bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen tidak memenuhi asumsi residual berdistribusi normal.

Pemodelan Kedua

H_0 : Data residual telah memenuhi asumsi berdistribusi normal

H_1 : Data residual tidak memenuhi asumsi berdistribusi normal

Statistik uji :

Tabel 4.16 Uji *Kolmogorov-Smirnov* Pemodelan Kedua

| <i>Kolmogorov-Smirnov</i> | | |
|---------------------------|---------------|---------|
| Residual Data | KS_{hitung} | P-value |
| | 0,756 | 0,010 |

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai KS_{hitung} (0,756) $> KS_{tabel}$ (0,079), secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,010) $< \alpha$ (0.05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya data residual komposisi bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen tidak memenuhi asumsi residual berdistribusi normal.

4.2 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Semen

Kapabilitas proses pembuatan produk semen di PT. Semen Indonesia Tbk. dengan syarat proses produksi kapabel atau telah sesuai dengan spesifikasi, maka dianalisis dengan menggunakan Peta Kendali $\bar{X}-R$ dan untuk mengetahui apakah suatu proses produksi sebuah produk berjalan sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi yang diharapkan oleh perusahaan maupun konsumen.

4.2.1 Deskripsi Data

Karakteristik kuat tekan produk semen pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 dapat dirangkum dalam Tabel 4.17 sebagai berikut.

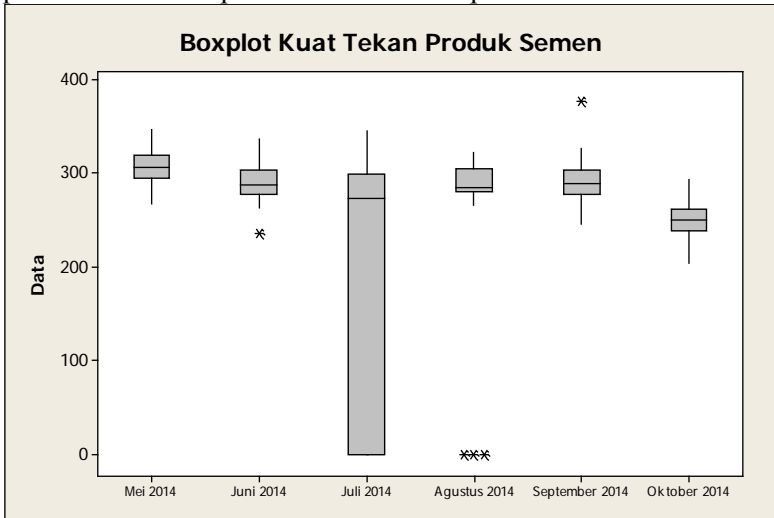
Tabel 4.17 Karakteristik Kuat Tekan (kg/cm^2) Produk Semen

| No | Bulan | Rata-rata | StDev | Varians | Range | Min | Maks | Target Maks |
|----|----------------|-----------|--------|----------|--------|--------|--------|-------------|
| 1 | Mei 2014 | 307,30 | 19,14 | 366,29 | 79,00 | 268,00 | 347,00 | 240 |
| 2 | Juni 2014 | 293,20 | 22,90 | 524,58 | 100,00 | 237,00 | 337,00 | 240 |
| 3 | Juli 2014 | 193,60 | 141,30 | 19953,20 | 346,00 | 0,00 | 346,00 | 240 |
| 4 | Agustus 2014 | 264,40 | 90,90 | 8256,40 | 323,00 | 0,00 | 323,00 | 240 |
| 5 | September 2014 | 291,67 | 24,19 | 585,06 | 131,00 | 247,00 | 378,00 | 240 |
| 6 | Oktober 2014 | 249,87 | 22,16 | 491,22 | 89,00 | 205,00 | 294,00 | 240 |

Tabel 4.17 menunjukkan bahwa secara umum selama 6 bulan, rata-rata kuat tekan produk semen paling tinggi terletak pada bulan Mei tahun 2014 sebesar $307,30 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan rata-rata kuat tekan produk semen paling rendah terletak pada bulan Juli tahun 2014 sebesar $193,60 \text{ kg/cm}^2$. Sebaran data yang ditunjukkan oleh nilai standar deviasi paling tinggi yaitu kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 sebesar $141,30 \text{ kg/cm}^2$ dan varians paling tinggi terdapat pada kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 sebesar $19.953,2 \text{ kg/cm}^2$. Jangkauan kuat tekan produk semen paling tinggi terletak pada bulan Juli tahun 2014 sebesar 346 kg/cm^2 , dengan nilai minimum sebesar $0,00 \text{ kg/cm}^2$ pada bulan Juli dan Agustus tahun 2014 dan nilai maksimum sebesar $347,00 \text{ kg/cm}^2$ pada bulan Mei tahun 2014.

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa secara visual, menggambarkan kuat tekan produk semen pada bulan Mei dan Oktober tahun 2014 cenderung simetris dan berpusat di median. Hal ini dapat dilihat dari jarak median ke kuartil 1 dan jarak median ke kuartil 3 yang cenderung memiliki nilai yang sama panjangnya, selain itu nilai rata-rata juga berada disekitar nilai median, selain itu tidak terdapat data pencilan dalam pengamatan tersebut. Kuat tekan produk semen pada bulan Juni, Agustus, dan September tahun 2014 cenderung tidak simetris dan tidak berpusat di median. Hal ini dapat dilihat pada ke-tiga bulan tersebut bahwa jarak median ke kuartil 1 dan jarak median ke kuartil 3 cenderung tidak memiliki nilai yang sama panjangnya, selain itu nilai rata-rata juga tidak berada di sekitar nilai median.

Terdapat data pencilon atau data outlier pada bulan Juni, Agustus, dan September 2014, sedangkan kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 cenderung simetris namun tidak berpusat di median. Hal ini dikarenakan pada bulan Juli tahun 2014 memiliki nilai varians yang paling tinggi, artinya terjadi fluktuasi atau ketidaktepatan suatu proses produksi yang menyebabkan penurunan terhadap kualitas kuat tekan produk semen.



Gambar 4.5 Boxplot Kuat Tekan (kg/cm^2) Produk Semen

Gambar 4.6 kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 menunjukkan bahwa kuat tekan produk semen yang dihasilkan lebih baik dibandingkan pada bulan Juni sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 yaitu sebesar 307, 30 kg/cm^2 . Penurunan kualitas kuat tekan produk semen paling signifikan terletak pada bulan Juli tahun 2014 yang turun secara signifikan sebesar 193,6 kg/cm^2 , yang tidak sesuai dengan target yang ditentukan oleh perusahaan yaitu sebesar 240 kg/cm^2 . Penyebab dari penurunan kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya dari segi material yang harus diteliti satu per satu untuk mengetahui material mana yang menyebabkan penurunan kuat tekan produk

semen, selain itu dari segi proses finish mill, kehalusan bahan baku, dan sebagainya. Pada bulan Juni, Agustus, September, dan Oktober, kuat tekan produk semen cenderung stabil yaitu berada diatas target yang ditentukan oleh perusahaan. Semakin tinggi nilai kuat tekan produk semen, maka semakin baik kuat tekan produk semen yang dihasilkan.



Gambar 4.6 Diagram Garis Kuat Tekan (kg/cm²) Produk Semen

Dikarenakan terdapat perbedaan hasil kuat tekan produk semen pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 secara deskriptif, maka perlu dilakukan analisis pergeseran proses untuk mengetahui apakah kuat tekan produk semen pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 mengalami perbedaan yang signifikan atau tidak.

4.2.2 Analisis Pergeseran Proses

Analisis pergeseran proses dalam penelitian ini digunakan untuk menganalisis pergeseran proses produksi pada setiap bulannya yang dirangkum pada Tabel 4.17 dan digambarkan pada Gambar 4.6. Analisis pergeseran proses pada penelitian ini

menggunakan rancangan acak lengkap. Hal ini dikarenakan rancangan ini dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh beberapa perlakuan (bulan) dengan sejumlah ulangan untuk menjadi satuan-satuan percobaan, perumusan hipotesis dan hasil analisis rancangan acak lengkap sebagai berikut.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = 0$ (Tidak ada perbedaan pengaruh yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produksi semen bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014).

$H_1 : \mu_i \neq 0$ (Minimal terdapat salah satu pengaruh yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produksi semen bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014).

Statistik uji :

Tabel 4.18 Rancangan Acak Lengkap Bulan Mei-Oktober Tahun 2014

| Source | DF | SS | MS | F | P-value |
|--------|-----|-----------|--------|-------|---------|
| Bulan | 5 | 258.040 | 51.608 | 10,26 | 0,000 |
| Error | 174 | 875.125 | 5.029 | | |
| Total | 179 | 1.133.165 | | | |

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{\alpha(k-1;N-k)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.18 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai F_{hitung} (10,26) $> F_{\alpha(k-1;N-k)}$ (2,27), secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value}$ (0,00) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya terdapat perbedaan pengaruh yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produksi semen bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014. Dari uraian diatas, untuk mengetahui apakah terjadi pergeseran proses atau perbedaan pengaruh yang signifikan pada bulan Mei sampai dengan Oktober tahun 2014 maka dilakukan uji perbandingan berganda sebagai berikut.

$H_0 : \mu_i = \mu_j$ (Tidak terjadi pergeseran proses).

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ (Minimal terjadi salah satu pergeseran proses).

Statistik uji :

Tabel 4.19 Uji Perbandingan Berganda Tukey Bulan Mei-Oktober Tahun 2014

| Bulan (I) | Bulan (J) | Mean Difference | Std. Error | P-value | 95% Confidence Interval | |
|-----------|-----------|-----------------|------------|---------|-------------------------|-------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| Mei | Junis | 14,100 | 18,311 | 0,972 | -38,67 | 66,87 |
| | Juli | 113,667 | 18,311 | 0,000 | 60,90 | 155,43 |
| | Agustus | 42,900 | 18,311 | 0,183 | -9,87 | 95,67 |
| | September | 15,633 | 18,311 | 0,957 | -37,13 | 68,40 |
| | Oktober | 57,433 | 18,311 | 0,024 | 4,67 | 110,20 |
| Juni | Mei | -14,100 | 18,311 | 0,972 | -66,87 | 38,67 |
| | Juli | 99,567 | 18,311 | 0,000 | 46,80 | 152,33 |
| | Agustus | 28,800 | 18,311 | 0,618 | -23,97 | 81,57 |
| | September | 1,533 | 18,311 | 1,000 | -51,23 | 54,30 |
| | Oktober | 43,333 | 18,311 | 0,174 | -9,43 | 96,10 |
| Juli | Mei | -113,667 | 18,311 | 0,000 | -166,43 | -60,90 |
| | Juni | -99,567 | 18,311 | 0,000 | -152,33 | -46,80 |
| | Agustus | -70,767 | 18,311 | 0,002 | -123,53 | -18,00 |
| | September | -98,033 | 18,311 | 0,000 | -150,80 | -45,27 |
| | Oktober | -56,233 | 18,311 | 0,029 | -109,00 | -3,47 |
| Agustus | Mei | -42,900 | 18,311 | 0,183 | -95,67 | 9,87 |
| | Juni | -28,800 | 18,311 | 0,618 | -81,57 | 23,97 |
| | Juli | 70,767 | 18,311 | 0,002 | 18,00 | 123,53 |
| | September | -27,267 | 18,311 | 0,672 | -80,03 | 25,50 |
| | Oktober | 14,533 | 18,311 | 0,968 | -38,23 | 67,30 |
| September | Mei | -15,633 | 18,311 | 0,957 | -68,40 | 37,13 |
| | Juni | -1,533 | 18,311 | 1,000 | -54,30 | 51,23 |
| | Juli | 98,033 | 18,311 | 0,000 | 45,27 | 150,80 |
| | Agustus | 27,267 | 18,311 | 0,672 | -25,50 | 80,03 |
| | Oktober | 41,800 | 18,311 | 0,207 | -10,97 | 94,57 |

Tabel 4.20 Uji Perbandingan Berganda Tukey Bulan Mei-Oktober Tahun 2014 (Lanjutan)

| Bulan (I) | Bulan (J) | Mean Difference | Std. Error | P-value | 95% Confidence Interval | |
|-----------|-----------|-----------------|------------|---------|-------------------------|-------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| Oktober | Mei | -57,433 | 18,311 | 0,024 | -110,20 | -4,67 |
| | Juni | -43,333 | 18,311 | 0,174 | -96,10 | 9,43 |
| | Juli | 56,233 | 18,311 | 0,029 | 3,47 | 109,00 |
| | Agustus | -14,533 | 18,311 | 0,968 | -67,30 | 38,23 |
| | September | -41,800 | 18,311 | 0,207 | -94,57 | 10,97 |

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{\alpha(k-1;N-k)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.19 dan Tabel 4.20 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $P\text{-value} < \alpha$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya terjadi pergeseran proses pada bulan Juli tahun 2014. Hal ini dikarenakan kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 turun secara signifikan dibandingkan dengan kuat tekan produk semen pada bulan-bulan yang lain, selain itu kuat tekan produk semen tidak sesuai dengan target yang ditentukan. Tingginya nilai standar deviasi dan varians data pada bulan Juli tahun 2014, yang berarti bahwa semakin tinggi nilai varians yang dihasilkan maka semakin tinggi nilai ketidaktepatan kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 dibandingkan dengan kuat tekan produk semen pada bulan-bulan yang lain.

4.2.3 Uji Asumsi

Uji asumsi yang digunakan dalam analisis peta kendali $\bar{X} - R$ adalah uji keacakan data dan uji normalitas sebagai berikut.

1. Uji Keacakan Data

Uji keacakan digunakan untuk mengetahui apakah data pengamatan pengaruh bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen telah tersebar secara acak atau tidak, sehingga dapat diketahui sebaran datanya pada peta kendali $\bar{X} - R$. Hasil dari uji keacakan data

menggunakan *software* minitab pada bulan Mei hingga Oktober tahun 2014 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.21 Hasil Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Bulan Mei-Oktober Tahun 2014

| Bulan | N | K | R | n ₁ | n ₂ | r _{atas} | r _{bawah} | P-value |
|-----------|----|-------|----|----------------|----------------|-------------------|--------------------|---------|
| Mei | 30 | 307,3 | 15 | 16 | 15 | 23 | 10 | 0,710 |
| Juni | 30 | 293,2 | 16 | 16 | 14 | 22 | 10 | 0,690 |
| Juli | 20 | 290,5 | 10 | 11 | 10 | 17 | 6 | 0,358 |
| Agustus | 27 | 293,8 | 16 | 14 | 11 | 19 | 8 | 0,988 |
| September | 30 | 291,7 | 19 | 15 | 11 | 19 | 8 | 0,001 |
| Oktober | 30 | 249,9 | 15 | 16 | 15 | 23 | 10 | 0,710 |

a. Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Mei Tahun 2014.

H_0 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 telah terambil secara acak.

H_1 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 tidak terambil secara acak.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{\text{bawah}}$ atau $r > r_{\text{atas}}$ dan $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.21 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai r (15) yang terletak diantara nilai 16 dan 15, karena nilai r (15) $> r_{\text{bawah}}$ (10) atau r (15) $< r_{\text{atas}}$ (23) dan secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value}$ (0,710) $> \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 telah terambil secara acak.

b. Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Juni Tahun 2014.

H_0 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juni tahun 2014 telah terambil secara acak.

H_1 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juni tahun 2014 tidak terambil secara acak.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{\text{bawah}}$ atau $r > r_{\text{atas}}$ dan $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.21 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai r (16) yang terletak diantara nilai 16 dan 14, karena nilai r (16) $> r_{\text{bawah}}$ (10) atau r (16) $< r_{\text{atas}}$ (22) dan secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,690) $> \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juni tahun 2014 telah terambil secara acak.

c. Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Juli Tahun 2014.

H_0 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 telah terambil secara acak.

H_1 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 tidak terambil secara acak.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{\text{bawah}}$ atau $r > r_{\text{atas}}$ dan P-value $< \alpha$.

Tabel 4.21 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai r (10) yang terletak diantara nilai 11 dan 10, karena nilai r (10) $> r_{\text{bawah}}$ (6) atau r (10) $< r_{\text{atas}}$ (17) dan secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,358) $> \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 telah terambil secara acak.

d. Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Agustus Tahun 2014.

H_0 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Agustus tahun 2014 telah terambil secara acak.

H_1 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Agustus tahun 2014 tidak terambil secara acak.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{\text{bawah}}$ atau $r > r_{\text{atas}}$ dan P-value $< \alpha$.

Tabel 4.21 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai r (16) yang terletak diantara nilai 14 dan 11, karena nilai r (16) $> r_{\text{bawah}}$ (8) atau r (16) $< r_{\text{atas}}$ (19) dan secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,988) $> \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Agustus tahun 2014 telah terambil secara acak.

e. Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan September Tahun 2014.

H_0 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 telah terambil secara acak.

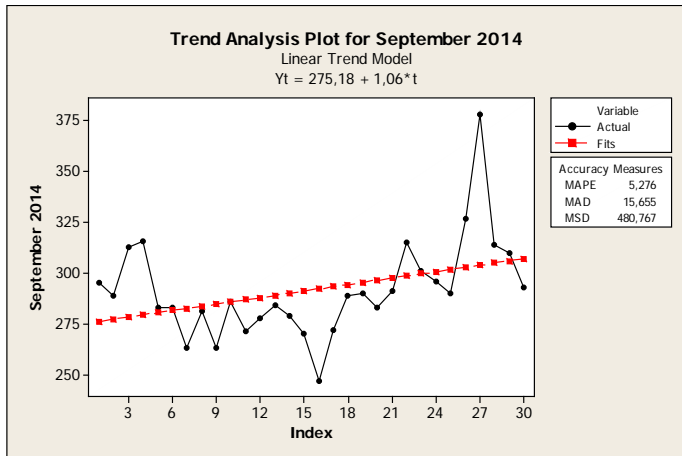
H_1 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 tidak terambil secara acak.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{\text{bawah}}$ atau $r > r_{\text{atas}}$ dan P-value $< \alpha$.

Tabel 4.21 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai r (19) yang terletak diantara nilai 15 dan 11, karena nilai r (19) $> r_{\text{bawah}}$ (8) atau r (19) $< r_{\text{atas}}$ (19) dan secara visual diperkuat dengan nilai P-value (0,001) $< \alpha$ (0,05), sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 tidak terambil secara acak. Untuk mengetahui penyebab dari pengambilan data kuat tekan produk semen bulan September tahun 2014 yang tidak terambil secara acak, maka dilakukan analisis trend.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa terdapat 17 data kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 yang mengalami out of control (tidak terkendali). Untuk mengetahui penyebab dari 17 data yang out of control, maka dilakukan analisis pergeseran proses. Analisis pergeseran proses digunakan untuk mengetahui kesalahan dalam pengambilan data, namun tidak ada

ketentuan pasti yang menyatakan kapan proses dikatakan tidak terkontrol secara statistik.



Gambar 4.7 Analisis Trend Kuat Tekan Produk Semen Bulan September Tahun 2014

Berikut ini adalah analisis pergeseran proses pada bulan Juli dan Agustus tahun 2014 sebagai variabel prediktor yang diduga mempengaruhi kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 sebagai variabel respon yang tidak terambil secara acak dengan menggunakan analisis varians satu arah. Perumusan hipotesis dan hasil analisis varians satu arah sebagai berikut.

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produk semen bulan Juli tahun 2014 dengan rata-rata kuat tekan produk semen bulan September tahun 2014 untuk setiap satu satuan).

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (Terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produk semen bulan Juli tahun 2014 dengan rata-rata kuat tekan produk semen bulan September tahun 2014 untuk setiap satu satuan).

Statistik uji :

Tabel 4.22 Analisis Pergeseran Proses Kuat Tekan Produk Semen
Bulan Juli Tahun 2014

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-----------------|----|--------|-------|------|-------|
| Bulan Juli 2014 | 20 | 4.959 | 248 | 0,19 | 0,999 |
| Residual Error | 9 | 12.008 | 1.334 | | |
| Total | 29 | 16.967 | | | |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.22 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $F_{hitung} (0,19) > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)} (0,418)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,999) > \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produk semen bulan Juli tahun 2014 dengan rata-rata kuat tekan produk semen bulan September tahun 2014 untuk setiap satu satuan, yang berarti bahwa pada bulan September tahun 2014 terjadi pergeseran proses yang tidak disebabkan oleh kesalahan dalam pengambilan data kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014.

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (Tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produk semen bulan Agustus tahun 2014 dengan rata-rata kuat tekan produk semen bulan September tahun 2014 untuk setiap satu satuan).

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (Terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produk semen bulan Agustus tahun 2014 dengan rata-rata kuat tekan produk semen bulan September tahun 2014 untuk setiap satu satuan).

Statistik uji :

Tabel 4.23 Analisis Pergeseran Proses Kuat Tekan Produk Semen Bulan Agustus Tahun 2014

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|--------------------|----|--------|-----|------|-------|
| Bulan Agustus 2014 | 21 | 16.053 | 764 | 6,70 | 0,005 |
| Residual Error | 8 | 913 | 114 | | |
| Total | 29 | 16.967 | | | |

Daerah kritis : Tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.23 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $F_{hitung} (6,70) > F_{(1-\alpha; k, n-k-1)} (0,413)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,005) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan tolak H_0 artinya terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata kuat tekan produk semen bulan Agustus tahun 2014 dengan rata-rata kuat tekan produk semen bulan September tahun 2014 untuk setiap satu satuan, yang berarti bahwa pada bulan September tahun 2014 terjadi pergeseran proses yang disebabkan oleh kesalahan dalam pengambilan data kuat tekan produk semen pada bulan Agustus tahun 2014.

f. Uji Keacakan Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Oktober Tahun 2014.

H_0 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Oktober tahun 2014 telah terambil secara acak.

H_1 : Data kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Oktober tahun 2014 tidak terambil secara acak.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $r < r_{bawah}$ atau $r > r_{atas}$ dan $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.21 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $r (15)$ yang terletak diantara nilai 16 dan 15, karena nilai $r (15) > r_{bawah} (10)$ atau $r (15) < r_{atas} (23)$ dan secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,710) > \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk

semen pada bulan Oktober tahun 2014 telah diambil secara acak.

2. Uji Normalitas

Uji normalitas untuk melihat apakah residual memenuhi asumsi berdistribusi normal atau tidak. Untuk menguji normalitas data yang dihasilkan dari data pengamatan pengaruh komposisi bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen. Hasil perhitungan dengan menggunakan *software R* pada bulan Mei hingga Oktober tahun 2014 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.24 Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Bulan Mei-Oktober Tahun 2014

| <i>Shapiro-Wilk</i> | | |
|---------------------|----------------------|---------|
| Bulan | KS _{hitung} | P-value |
| Mei | 0,980 | 0,832 |
| Juni | 0,958 | 0,267 |
| Juli | 0,720 | 0,000 |
| Agustus | 0,503 | 0,000 |
| September | 0,892 | 0,005 |
| Oktober | 0,965 | 0,402 |

a. Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Mei Tahun 2014.

H_0 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 telah berdistribusi normal.

H_1 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 tidak berdistribusi normal.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai KS_{hitung} (0,980) $<$ KS_{tabel} (0,985), secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value}$ (0,832) $>$ α (0.05),

sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 telah berdistribusi normal.

b. Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Juni Tahun 2014.

H_0 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juni tahun 2014 telah berdistribusi normal.

H_1 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juni tahun 2014 tidak berdistribusi normal.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $KS_{hitung} (0,958) < KS_{tabel} (0,985)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,267) > \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juni tahun 2014 telah berdistribusi normal.

c. Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Juli Tahun 2014.

H_0 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 telah berdistribusi normal.

H_1 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 tidak berdistribusi normal.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $KS_{hitung} (0,720) < KS_{tabel} (0,985)$, secara visual tidak diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,000) < \alpha (0,05)$, sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0

artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Juli tahun 2014 telah berdistribusi normal.

d. Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Agustus Tahun 2014.

H_0 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Agustus tahun 2014 telah berdistribusi normal.

H_1 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Agustus tahun 2014 tidak berdistribusi normal.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $KS_{hitung} (0,503) < KS_{tabel} (0,985)$, secara visual tidak diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,000) < \alpha (0.05)$, sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Agustus tahun 2014 telah berdistribusi normal.

e. Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan September Tahun 2014.

H_0 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 telah berdistribusi normal.

H_1 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 tidak berdistribusi normal.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $KS_{hitung} (0,892) < KS_{tabel} (0,985)$, secara visual tidak diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,000) < \alpha$

(0.05), sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 telah berdistribusi normal.

f. Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Pada Bulan Oktober Tahun 2014.

H_0 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Oktober tahun 2014 telah berdistribusi normal.

H_1 : Data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Oktober tahun 2014 tidak berdistribusi normal.

Daerah Kritis : Tolak H_0 jika $KS_{hitung} > KS_{tabel}$ atau $P\text{-value} < \alpha$.

Tabel 4.24 menunjukkan bahwa dengan menggunakan taraf signifikan (α) sebesar 5% maka diperoleh nilai $KS_{hitung} (0,965) < KS_{tabel} (0,985)$, secara visual diperkuat dengan nilai $P\text{-value} (0,402) > \alpha (0.05)$, sehingga diperoleh keputusan gagal tolak H_0 artinya data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen pada bulan Oktober tahun 2014 telah berdistribusi normal.

4.2.4 Evaluasi Kuat Tekan Produk Semen

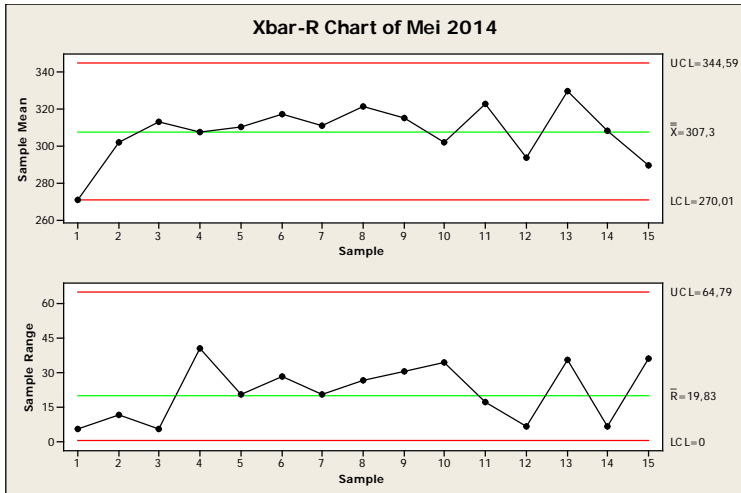
Untuk mengevaluasi kuat tekan produk semen, maka digunakan analisis peta $\bar{X}-R$ yang dihasilkan dari pengamatan kuat tekan produk semen di PT. Semen Indonesia Tbk. Hasil perhitungan secara *software* minitab dapat dirangkum pada Tabel 4.25 sebagai berikut.

Gambar 4.8, Gambar 4.9, Gambar 4.10, Gambar 4.11, dan Gambar 4.14 menunjukkan bahwa kuat tekan produk semen pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan Oktober tahun 2014 memiliki rata-rata \bar{X} dan \bar{R} berada dalam batas kendali atas dan batas kendali bawah, serta tidak terdapat data yang keluar dari batas kendali yang artinya kuat tekan produk semen pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan Oktober tahun 2014 terkendali secara statistik. Gambar 4.12 menunjukkan bahwa kuat tekan

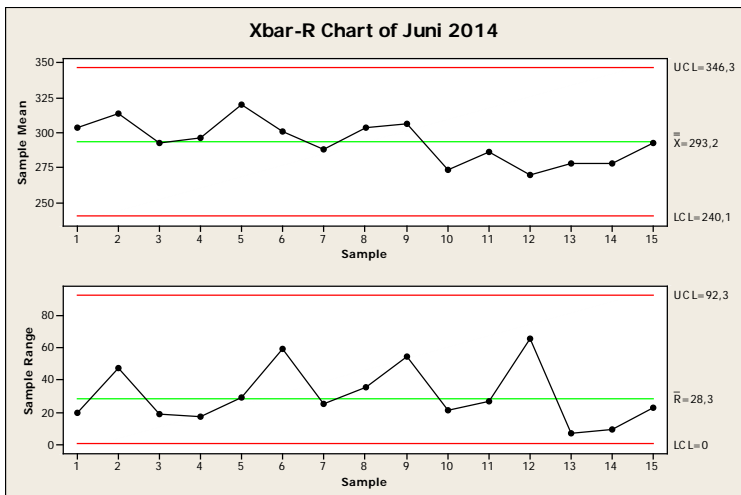
produk semen bulan September tahun 2014 memiliki rata-rata \bar{X} dan \bar{R} tidak berada dalam batas kendali atas namun berada dalam batas kendali bawah, serta terdapat data yang keluar dari batas kendali yang artinya kuat tekan produk semen pada bulan September tahun 2014 tidak terkendali secara statistik. Apabila penyebab dari data pengamatan yang tidak terkendali secara statistik dapat diketahui penyebabnya dan dilakukan perbaikan secara menyeluruh pada bagian proses yang tidak terkendali, maka kuat tekan produk semen dapat digambarkan pada Gambar 4.13 yang menunjukkan bahwa kuat tekan produk semen telah terkendali secara statistik. Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirangkum pada Tabel 4.20 sebagai berikut.

Tabel 4.25 Peta $\bar{X} - R$ Kuat Tekan Produk Semen Bulan Mei-Oktober Tahun 2014

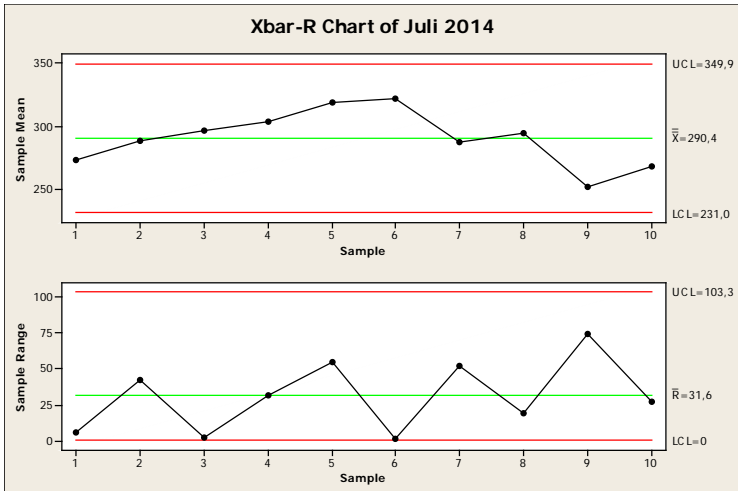
| Bulan | Peta $\bar{X} - R$ | Rata-rata | Batas Kendali Atas (BKA) | Batas Kendali Bawah (BKB) | Pengendalian Proses |
|-----------|--------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|---------------------|
| Mei | Peta \bar{X} | 307,3 | 344,59 | 270,01 | Terkendali |
| | Peta \bar{R} | 19,83 | 64,79 | 0 | |
| Juni | Peta \bar{X} | 293,2 | 346,3 | 240,1 | Terkendali |
| | Peta \bar{R} | 28,3 | 92,3 | 0 | |
| Juli | Peta \bar{X} | 290,4 | 349,9 | 231,0 | Terkendali |
| | Peta \bar{R} | 31,6 | 103,3 | 0 | |
| Agustus | Peta \bar{X} | 293,8 | 337,8 | 249,8 | Terkendali |
| | Peta \bar{R} | 16,55 | 54,07 | 0 | |
| September | Peta \bar{X} | 302,6 | 350,5 | 254,6 | Terkendali |
| | Peta \bar{R} | 25,51 | 83,36 | 0 | |
| Oktober | Peta \bar{X} | 249,9 | 295,8 | 204,0 | Terkendali |
| | Peta \bar{R} | 24,41 | 79,75 | 0 | |



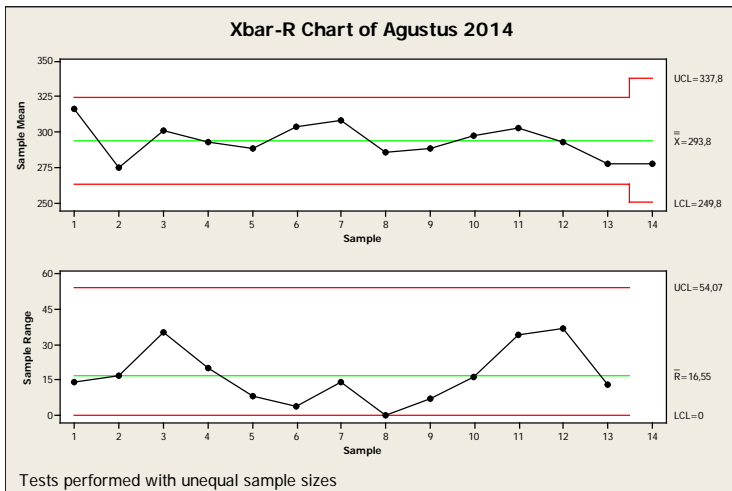
Gambar 4.8 Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Mei Tahun 2014



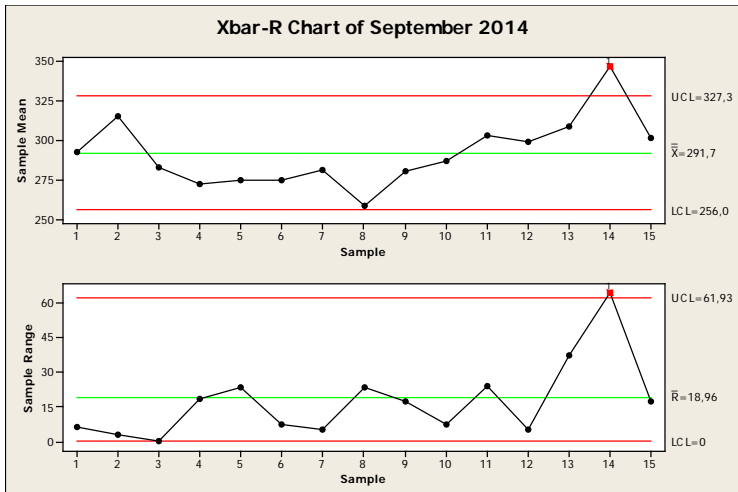
Gambar 4.9 Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Juni Tahun 2014



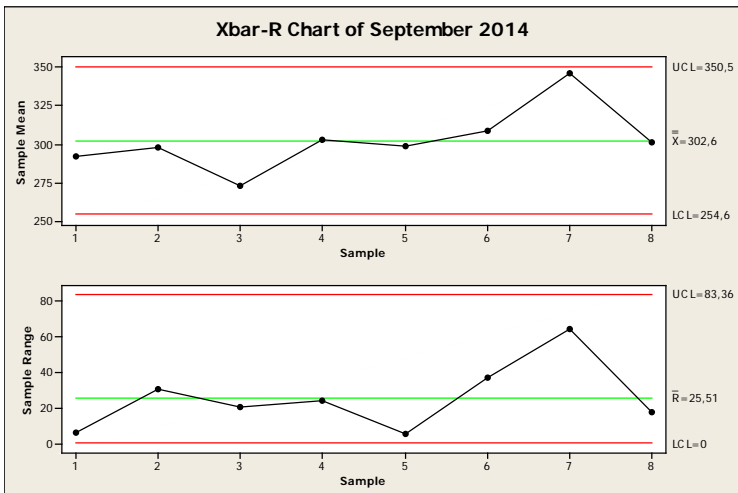
Gambar 4.10 Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Juli Tahun 2014



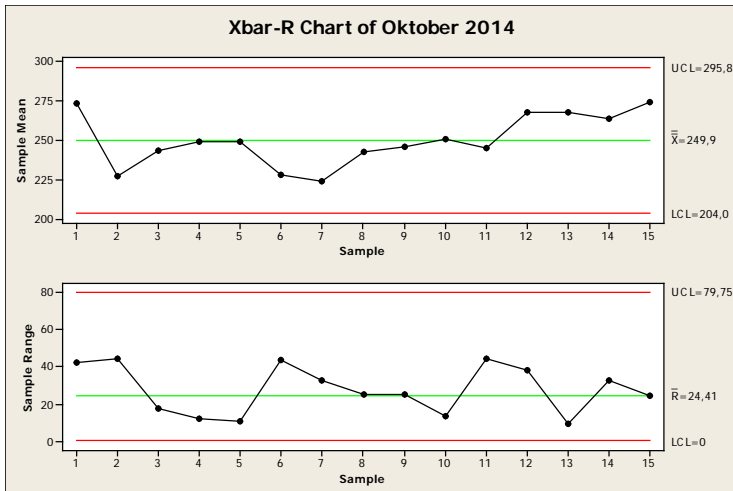
Gambar 4.11 Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Agustus Tahun 2014



Gambar 4.12 Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan September Tahun 2014 (Proses Tidak Terkendali)



Gambar 4.13 Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan September Tahun 2014 (Proses Terkendali)



Gambar 4.14 Peta Kendali $\bar{X} - R$ Bulan Oktober Tahun 2014

4.2.5 Diagram Ishikawa

Setelah melakukan pengamatan untuk mengetahui ketidaksesuaian kuat tekan produk semen dapat diketahui penyebab dari ketidaksesuaian tersebut dengan menggunakan diagram *ishikawa*, Gambar 4.15 menunjukkan bahwa pada penyebab data pengamatan kualitas kuat tekan produk semen yang mengalami pergeseran proses pada bulan Juli tahun 2014, serta penyebab dari proses tidak terkendali secara statistik pada bulan September tahun 2014 sebagai berikut.

- Personal** : yaitu sumber daya manusia (pekerja) mengalami kelelahan dalam pengambilan data sehingga terjadi kesalahan pengambilan data.
- Material** : yaitu bahan baku produk berbentuk kasar dan halus sehingga dalam proses produksi diharapkan produk semen halus, karena jika tidak halus maka akan mengurangi kualitas kuat tekan produk semen.
- Measurement** : yaitu pemakaian bahan baku maksimal memiliki kandungan 5% sehingga campuran bahan baku menjadi sempurna, karena jika pemakaian bahan baku lebih dari 5% maka pencampuran yang dilakukan pada

dihasilkan dari pengaruh bahan baku tambahan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan semen di PT. Semen Indonesia Tbk. Hasil perhitungan dengan menggunakan *software minitab* adalah sebagai berikut.

Gambar 4.16 dan Gambar 4.19 menunjukkan bahwa diperoleh nilai $C_p > 1$ sehingga pada bulan Mei dan Agustus tahun 2014 tingkat presisi dan akurasi tinggi, yang artinya kuat tekan produk semen sesuai dengan spesifikasi, $C_{pk} > 1$ artinya seluruh variasi proses menghasilkan kuat tekan produk semen berada dalam batas spesifikasi, $1,00 \leq C_{pl} \leq 1,33$ artinya proses mampu memenuhi batas spesifikasi bawah namun perlu adanya pengendalian ketat apabila nilai C_{pl} telah mendekati 1,00. Sedangkan kuat tekan produk semen pada bulan Mei tahun 2014 diperoleh nilai $1,00 \leq C_{pu} \leq 1,33$ artinya proses mampu memenuhi batas spesifikasi atas namun perlu adanya pengendalian ketat apabila nilai C_{pu} telah mendekati 1,00, dan pada bulan Agustus tahun 2014 kuat tekan produk semen diperoleh nilai $C_{pu} > 1$ artinya proses akan mampu memenuhi batas spesifikasi atas.

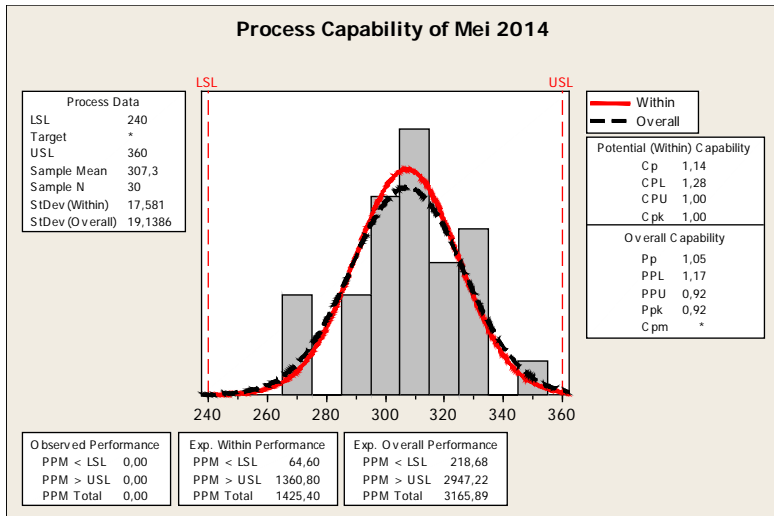
Gambar 4.17, Gambar 4.18, Gambar 4.20 (apabila proses telah terkendali), dan Gambar 4.21 menunjukkan bahwa diperoleh nilai $C_p < 1$ sehingga pada bulan Juni, Juli, September, dan Oktober tahun 2014 tingkat presisi dan akurasi rendah, artinya kuat tekan produk semen memiliki nilai kapabilitas rendah dan tidak sesuai dengan spesifikasi, $0 \leq C_{pk} \leq 1,00$ artinya rata-rata proses menghasilkan kuat tekan produk semen terletak dalam batas spesifikasi namun beberapa bagian dari variasi proses terletak diluar batas spesifikasi untuk itu diperlukan peningkatan performansi melalui perbaikan proses dalam segala sistem secara bertahap dan berkesinambungan, $C_{pl} < 1$ artinya proses menghasilkan kuat tekan produk semen tidak mampu memenuhi batas spesifikasi bawah. Sedangkan pada bulan Juni, Juli, dan September tahun 2014 kuat tekan produk semen diperoleh nilai $C_{pu} < 1$ artinya proses menghasilkan kuat tekan produk semen tidak mampu memenuhi batas spesifikasi atas, namun pada bulan

Oktober tahun 2014 kuat tekan produk semen diperoleh nilai Cpu > 1,33 artinya proses akan mampu memenuhi batas spesifikasi atas. Nilai 1,33 merupakan nilai dari 4σ .

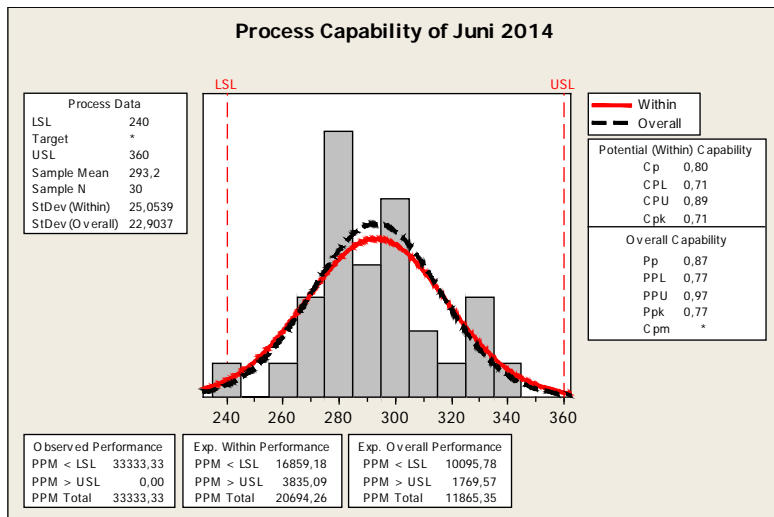
Pada nilai Pp, Ppl, Ppu, dan Ppk memiliki penjelasan yang sama dengan nilai Cp, Cpl, Cpu, dan Cpk, yang membedakan yaitu apabila indeks C hanya memperhatikan sampel dan merupakan indeks jangka pendek sedangkan pada indeks P memperhatikan populasi data dan merupakan indeks jangka panjang. Nilai Cpm menunjukkan bahwa walaupun proses berjalan didalam maupun diluar batas spesifikasi, kemungkinan untuk terjadinya defect atau produk cacat masih mungkin untuk terjadi. Nilai Ppm menunjukkan besarnya jumlah produk yang keluar dari batas spesifikasi, serta dapat menjelaskan prediksi kerugian yang dialami oleh perusahaan apabila terjadi kegagalan dalam proses produksi. Berdasarkan uraian diatas maka dapat dijelaskan pada Tabel 4.26 sebagai berikut.

Tabel 4.26 Kapabilitas Proses Bulan Mei-Oktober Tahun 2014

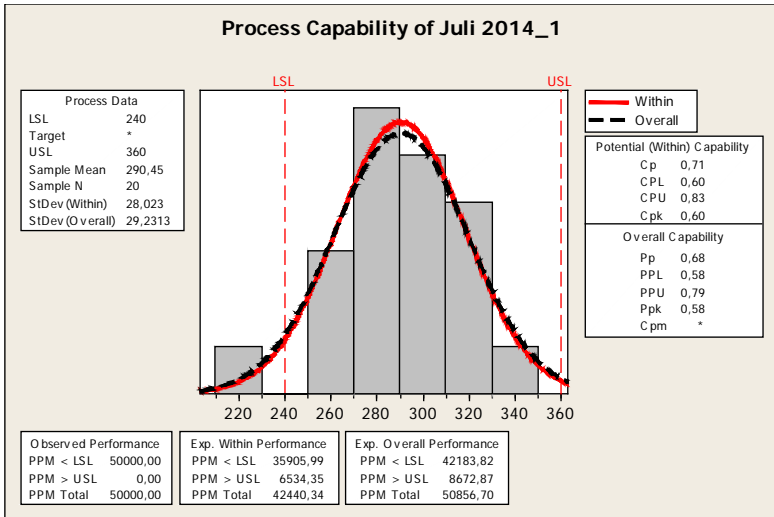
| Bulan | Peta Kendali $\bar{X} - R$ | Cp | Cpk | Cpl | Cpu |
|-----------|----------------------------|------|------|------|------|
| Mei | Terkendali | 1,14 | 1,00 | 1,28 | 1,00 |
| Juni | Terkendali | 0,80 | 0,71 | 0,71 | 0,89 |
| Juli | Terkendali | 0,71 | 0,60 | 0,60 | 0,83 |
| Agustus | Terkendali | 1,36 | 1,22 | 1,22 | 1,50 |
| September | Terkendali | 0,88 | 0,85 | 0,92 | 0,85 |
| Oktober | Terkendali | 0,92 | 0,15 | 0,15 | 1,70 |



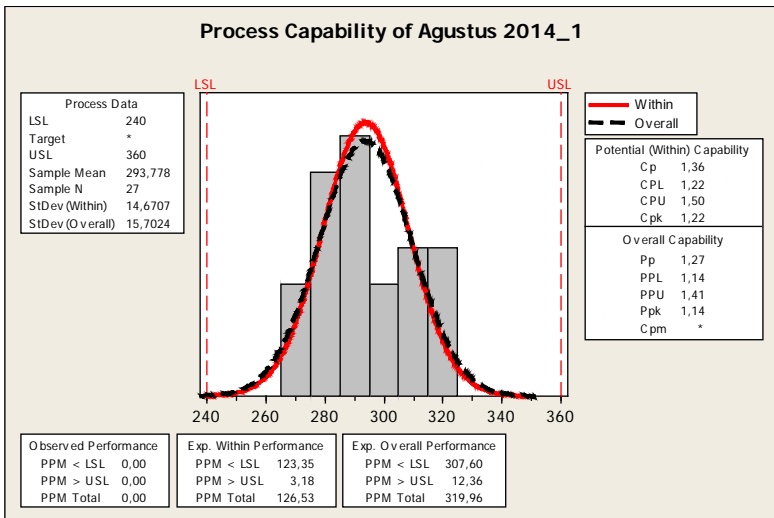
Gambar 4.16 Kapabilitas Proses Kuat Tekan Semen Bulan Mei Tahun 2014



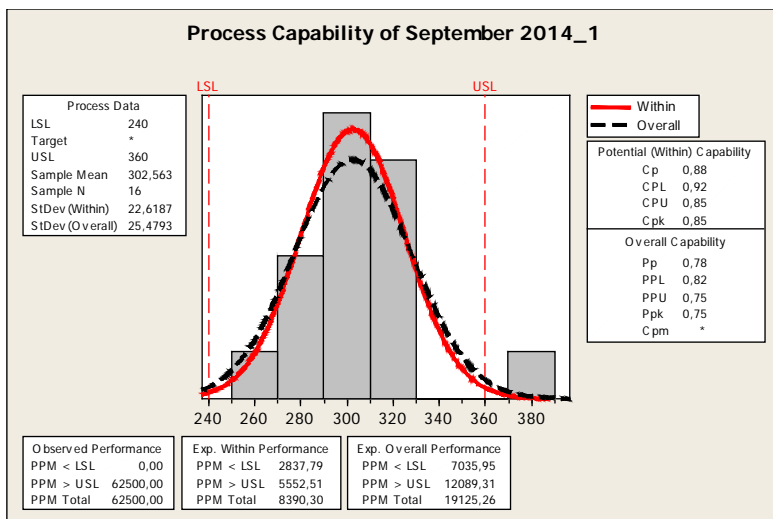
Gambar 4.17 Kapabilitas Proses Kuat Tekan Semen Bulan Juni Tahun 2014



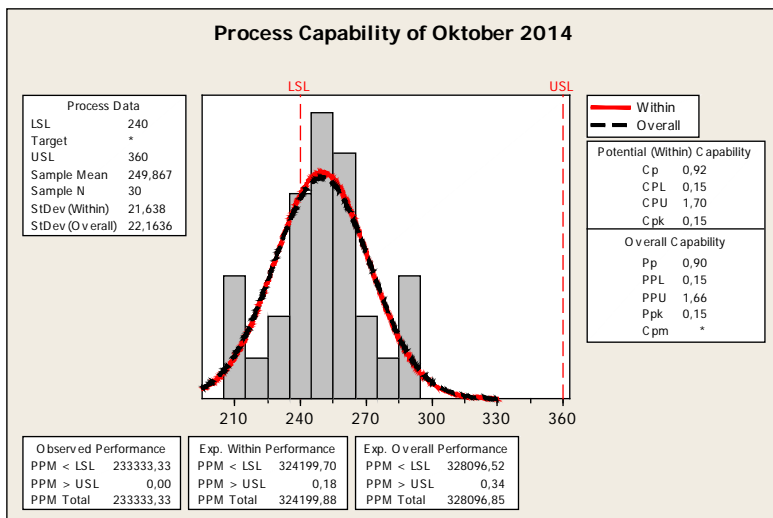
Gambar 4.18 Kapabilitas Proses Kuat Tekan Semen Bulan Juli Tahun 2014



Gambar 4.19 Kapabilitas Proses Kuat Tekan Semen Bulan Agustus Tahun 2014



Gambar 4.20 Kapabilitas Proses Kuat Tekan Semen Bulan September Tahun 2014



Gambar 4.21 Kapabilitas Proses Kuat Tekan Semen Bulan Oktober Tahun 2014

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Adira. (2011, Juni 26). *Pembuatan Semen*. Diambil kembali dari <http://mheeanck.blogspot.com/2011/06/industri-pembuatan-semen.html>.
- Artha Dwipayanti, S., & Artama Wiguna, I. P. (2014, Februari 1). *Analisa Quality Improvement Pada Perusahaan Ready Mix Concrete PT. X Di Bali*. Diambil kembali dari http://mm.its.ac.id/download/SEMNAS/SEMNAS_XX/-MP/22.Prosiding_Sugihya_Artha-OK.pdf.
- Ayu, M. (2010, Mei 16). *Klinker Semen Portland*. Diambil kembali dari <http://cementportland.blogspot.com/2010/05/klinker-semen-portland.html>.
- Daniel, W. W. (1989). *Statistik Nonparametrik Terapan*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Draper, N. R., & Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Eriskusnandi. (2011, Maret 16). *Diagram Fishbone*. Diambil kembali dari <http://diagramfishbone.blogspot.com/2011/03/pengertian.html>.
- Farida Marzuki, P., & Jogaswara, E. (2007, Desember 23). *Potensi Semen Alternatif dengan Bahan Dasar Kapur pada Larang dan Fly Ash Suralaya untuk Konstruksi Rumah Sederhana*. Diambil kembali dari http://www.ftsl.itb.ac.id/kk/manajemen_dan_rekayasa_konstruksi/wp-content/uploads/2007/12/23-puti-farida-marzuki-prosiding-struktur.pdf.
- Fitriani, Y. (2014, Februari 5). *Metode Statistika I*. Diambil kembali dari <http://www.slideshare.net/yusrinans/anova-satu-jalur-revisi>.
- Gujarati, D. N. (2013). *Dasar-dasar Ekonometrika*. Jakarta: Salemba Empat.
- Hariawan, J. B. (2007). Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland

- Composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Mortar. http://gunadama.ac.id/library/articles/graduate/civil-engineering/2007/Artikel_10302047.pdf, 10.
- Kristiyanto, M. (2015, Februari 15). *Pengaruh Penambahan Trass*. Diambil kembali dari <http://www.academia.edu/8590877/pengaruh-penambahan-trass-muria-terhadap-kuat-tekan-kuat-tarik-dan-serapan-air-pada-mortar>.
- Mahardika. (2011, November 19). *Analisis Kadar Ca0, Mg0, Free Lime, dan S03 Serta Pengaruh yang Ditimbulkan Terhadap Semen Di PT. Semen Baturaja (Persero) Panjang*. Diambil kembali dari <http://dhikacortese.blogspot.com/2011/11/analisis-kadar-ca0-mg0-free-lime-dan-19.html>.
- Montgomery, D. (2009). *Introduction To Statistical Quality Control 6th Edition John Wiley & Sons*. America.
- Rudianto. (2010, September 13). *Batu Kapur*. Diambil kembali dari <http://rdianto.wordpress.com/tag/batu-kapur/>.
- Semen. (2013, November 15). *PT. Semen Gresik Tuban*. Diambil kembali dari <http://semenindonesia.com>.
- Semen, S. (2014, November 16). *PT. Semen Gresik Tuban*. Diambil kembali dari <http://semenindonesia.com>.
- Sudjana. (2001). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Suwanda. (2011). *Desain Eksperimen*. Bandung: Alfabeta.
- Syana, M. (2013, Maret 11). *Percobaan Bergalat Tunggal Rancangan Acak Lengkap*. Diambil kembali dari <http://mawardisyana.blogspot.com/2013/03/percobaan-bergalat-tunggal-rancangan.html>.
- Utomo, W. (2012, Oktober 15). *Perkembangan Semen Gresik*. Diambil kembali dari <http://www.jurnas.com/emobile/-9/2012-10-15/224125>.
- Yohanita. (2011, Februari 16). *Industri Semen Indonesia*. Diambil kembali dari <http://yohanitascreation.blogspot.com/2011/02/industri-semen-indonesia.html>.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan analisis regresi linier berganda untuk analisis uji serentak pada pemodelan pertama dan kedua menunjukkan bahwa minimal terdapat salah satu bahan baku tambahan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen, sedangkan pada uji parsial pada masing-masing variabel prediktor menunjukkan bahwa jenis bahan baku tambahan clinker, trass, batu kapur, dan fly ash berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kualitas kuat tekan produk semen.
2. Berdasarkan analisis peta kendali $\bar{X} - R$ menunjukkan bahwa pada bulan Mei sampai dengan bulan Oktober tahun 2014 kuat tekan produk semen terkendali secara statistik. Pada analisis kapabilitas proses diperoleh nilai indeks kapabilitas proses bulan Mei tahun 2014 sebesar 1,14 dan bulan Agustus tahun 2014 sebesar 1,36 menunjukkan kuat tekan produk semen sesuai dengan spesifikasi, sedangkan pada bulan Juni, Juli, September, dan Oktober tahun 2014 kuat tekan produk semen tidak sesuai dengan spesifikasi dikarenakan diperoleh nilai indeks CP < 1.

5.2 Saran

Saran yang perlu disampaikan dan diperhatikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada proses produksi semen pada bulan Juli tahun 2014 yang turun secara signifikan, sebaiknya dilakukan pemeriksaan lebih seksama terhadap setiap material yang akan digunakan dalam proses produksi. Hal ini dikarenakan setiap komponen material yang digunakan

berpengaruh terhadap kualitas kuat tekan produk semen yang dihasilkan. Selain itu kehalusan bahan baku diperlukan dalam proses produksi, agar dalam proses finish mill tidak terjadi kegagalan produksi dan produk semen yang dihasilkan dapat memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

2. Dalam pemodelan regresi, asumsi residual IIDN tidak terpenuhi, maka perlu menggunakan metode lain yang sesuai dengan kondisi asumsi.
3. Pada penentuan indeks kapabilitas proses, diperoleh nilai C_p pada kuat tekan produk semen bulan Juni, Juli, September, dan Oktober tahun 2014 tidak sesuai dengan spesifikasi dan menunjukkan bahwa tidak terjadi peningkatan pada setiap bulan dalam upaya perbaikan kualitas kuat tekan produk semen, untuk itu diperlukan adanya perbaikan dan pengendalian yang ketat terhadap kualitas kuat tekan produk semen yang dihasilkan.

Lampiran A 1. Surat Penerimaan Tugas Akhir

15 Jan 2015 10:12 Faks HP: 0313985474

hal 1



PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Kode Dokumen : R/5005/007
Revisi : 0
Tanggal : 01-02-2012
Hal : 1 dari 1

Nomor : 0415.17.PP - 01/50034148/01.2015

Lamp : ---

Perihal : Panggilan Penelitian/Skripsi

Kepada Yth :
Ketua Jurusan
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Up. Dr. Muhammad Mashuri, MT.
Kampus ITS Sukofilo
Surabaya 60111

Menunjuk Surat Saudara No : 2629/T2.1.1.3/KM.05.00/2014 tanggal 22 Desember 2014,
Perihal : Permohonan ijin Penelitian/Skripsi, dengan ini kami beritahukan bahwa kami dapat menerima Mahasiswa/i Siswa/i Saudara :

| Nama | Nim | Jurusan |
|----------------------------|------------|------------------|
| 1. Fitriana Ramadewi Yahya | 1312030902 | Statistika FMIPA |

Untuk melakukan Penelitian/Skripsi di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, di Biro Jaminan Mutu & Lingkungan Pabrik Tuban, dengan ketentuan sbb :

1. Setiap Mahasiswa/i Siswa/i yang melakukan Penelitian/Skripsi harus ikut serahkan dalam Asuransi Kecelakaan oleh Institusi ybs.
2. Praktek Kerja dilaksanakan mulai tanggal 19 s/di 30 Januari 2015
3. Perusahaan tidak menyediakan sarana akomodasi (penginapan) & transportasi
4. Mahasiswa tersebut diatas diharapkan kehadirannya pada :
 - Hari/Tanggal : Senin, 19 Januari 2015
 - Pukul : 07.30 WIB sd Selesai
 - Tempat : Gedung PPS PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, Jl. Veteran Gresik 6112
 - Acara : Pengarahan dari Perusahaan & Penyerahan Perlegh. Administrasi
 - Mem bawa
 1. Fotocopy Kartu Tanda Pelajar/Mahasiswa (KTP) sebanyak 1 (satu) lembar.
 2. Fotocopy Polis Asuransi Kecelakaan Kerja/Kesehatan/BPJS sebanyak 1 (satu) lembar.
 3. Pas foto berwarna ukuran 2x3 sebanyak 2 (dua) lembar.

Demikian atas perhatian Saudara kami sampaikan terima kasih.

Gresik, 14 Januari 2015
PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.
Ang.Direksi,
Pusat Pembelajaran.

SEMENTEN
INDONESIA

Zacnal Muttaqin, SE. *je*

Lampiran B 1. Deskripsi Data Bahan Baku Tambahan

Descriptive Statistics: Clinker (X1); Gypsum (X2); Trass (X3); ...

| Variable | Mean | StDev | Variance | Minimum | Maximum | Range |
|-----------------|--------|--------|----------|---------|---------|--------|
| Clinker (X1) | 75,940 | 2,595 | 6,733 | 71,482 | 84,900 | 13,418 |
| Gypsum (X2) | 3,7233 | 0,2810 | 0,0790 | 2,9936 | 4,4679 | 1,4743 |
| Trass (X3) | 15,687 | 1,704 | 2,903 | 10,000 | 18,000 | 8,000 |
| Batu Kapur (X4) | 3,272 | 1,697 | 2,880 | 0,000 | 8,000 | 8,000 |
| Fly Ash (X5) | 1,3909 | 0,5206 | 0,2711 | 0,0000 | 2,0001 | 2,0001 |

Lampiran B 2. Uji Serentak dan Uji Parsial Komposisi Pengaruh Bahan Baku Tambahan Terhadap Peningkatan Kualitas Kuat Tekan Produk Semen.

Pemodelan Pertama :

Regression Analysis: Kuat Tekan S versus Clinker (X1); Batu Kapur (X4)

The regression equation is

Kuat Tekan Semen (Y) = - 532 + 10,1 Clinker (X1) + 10,4 Batu Kapur (X4)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------------|--------|---------|-------|-------|
| Constant | -532,1 | 241,6 | -2,20 | 0,029 |
| Clinker (X1) | 10,073 | 3,041 | 3,31 | 0,001 |
| Batu Kapur (X4) | 10,353 | 4,649 | 2,23 | 0,027 |

S = 77,6424 R-Sq = 5,8% R-Sq(adj) = 4,8%

Analysis of Variance

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|---------|-------|------|-------|
| Regression | 2 | 66150 | 33075 | 5,49 | 0,005 |
| Residual Error | 177 | 1067016 | 6028 | | |
| Total | 179 | 1133165 | | | |

| Source | DF | Seq SS |
|--------------|----|--------|
| Clinker (X1) | 1 | 36259 |

Batu Kapur (X4) 1 29890

Unusual Observations

| | Clinker | Kuat Tekan | | | | | |
|-----|---------|------------|--------|--------|----------|----------|----|
| Obs | (X1) | Semen (Y) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid | |
| 46 | 84,0 | 321,00 | 313,94 | 18,97 | 7,06 | 0,09 | X |
| 48 | 84,9 | 333,00 | 323,05 | 21,11 | 9,95 | 0,13 | X |
| 49 | 84,2 | 284,00 | 320,11 | 19,76 | -36,11 | -0,48 | X |
| 72 | 75,9 | 0,00 | 252,91 | 8,36 | -252,91 | -3,28 | R |
| 73 | 75,9 | 0,00 | 252,91 | 8,36 | -252,91 | -3,28 | R |
| 74 | 75,9 | 0,00 | 252,91 | 8,36 | -252,91 | -3,28 | R |
| 75 | 75,9 | 0,00 | 252,91 | 8,36 | -252,91 | -3,28 | R |
| 76 | 78,1 | 0,00 | 273,05 | 7,96 | -273,05 | -3,54 | R |
| 86 | 73,8 | 0,00 | 242,51 | 9,36 | -242,51 | -3,15 | R |
| 87 | 73,8 | 0,00 | 242,51 | 9,36 | -242,51 | -3,15 | R |
| 88 | 73,8 | 0,00 | 242,51 | 9,36 | -242,51 | -3,15 | R |
| 89 | 73,8 | 0,00 | 242,51 | 9,36 | -242,51 | -3,15 | R |
| 90 | 73,8 | 0,00 | 242,51 | 9,36 | -242,51 | -3,15 | R |
| 91 | 73,8 | 0,00 | 242,51 | 9,36 | -242,51 | -3,15 | R |
| 92 | 73,8 | 0,00 | 242,51 | 9,36 | -242,51 | -3,15 | R |
| 103 | 77,2 | 0,00 | 300,41 | 13,65 | -300,41 | -3,93 | R |
| 138 | 74,2 | 289,00 | 297,61 | 19,60 | -8,61 | -0,11 | X |
| 139 | 75,2 | 290,00 | 308,36 | 21,36 | -18,36 | -0,25 | X |
| 140 | 76,6 | 283,00 | 321,83 | 24,00 | -38,83 | -0,53 | X |
| 141 | 75,7 | 291,00 | 313,65 | 22,34 | -22,65 | -0,30 | X |
| 142 | 76,3 | 315,00 | 319,10 | 23,43 | -4,10 | -0,06 | X |
| 163 | 82,8 | 208,00 | 354,11 | 27,70 | -146,11 | -2,01 | RX |

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Pemodelan Kedua :

Regression Analysis: Kuat Tekan S versus Gypsum (X2); Trass (X3); Fly Ash (X5)

The regression equation is

$$\text{Kuat Tekan Semen (Y)} = 436 + 24,5 \text{ Gypsum (X2)} - 12,0 \text{ Trass (X3)} - 51,8 \text{ Fly Ash (X5)}$$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|--------------|---------|---------|-------|-------|
| Constant | 436,33 | 82,91 | 5,26 | 0,000 |
| Gypsum (X2) | 24,52 | 20,22 | 1,21 | 0,227 |
| Trass (X3) | -12,041 | 3,306 | -3,64 | 0,000 |
| Fly Ash (X5) | -51,81 | 10,77 | -4,81 | 0,000 |

S = 73,6569 R-Sq = 15,7% R-Sq(adj) = 14,3%

Analysis of Variance

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|---------|-------|-------|-------|
| Regression | 3 | 178305 | 59435 | 10,96 | 0,000 |
| Residual Error | 176 | 954860 | 5425 | | |
| Total | 179 | 1133165 | | | |

| Source | DF | Seq SS |
|-------------|----|--------|
| Gypsum (X2) | 1 | 160 |

```
Trass (X3)      1    52647
Fly Ash (X5)    1   125499
```

Unusual Observations

| | Gypsum | Kuat Tekan | | | | |
|-----|--------|------------|--------|--------|----------|----------|
| Obs | (X2) | Semen (Y) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
| 48 | 3,85 | 333,00 | 356,21 | 20,59 | -23,21 | -0,33 X |
| 52 | 3,31 | 299,00 | 362,23 | 19,19 | -63,23 | -0,89 X |
| 72 | 3,12 | 0,00 | 204,52 | 17,19 | -204,52 | -2,86R |
| 73 | 3,12 | 0,00 | 204,52 | 17,19 | -204,52 | -2,86R |
| 74 | 3,12 | 0,00 | 204,52 | 17,19 | -204,52 | -2,86R |
| 75 | 3,12 | 0,00 | 204,52 | 17,19 | -204,52 | -2,86R |
| 76 | 3,77 | 0,00 | 251,05 | 9,16 | -251,05 | -3,44R |
| 86 | 4,18 | 0,00 | 230,48 | 12,12 | -230,48 | -3,17R |
| 87 | 4,18 | 0,00 | 230,48 | 12,12 | -230,48 | -3,17R |
| 88 | 4,18 | 0,00 | 230,48 | 12,12 | -230,48 | -3,17R |
| 89 | 4,18 | 0,00 | 230,48 | 12,12 | -230,48 | -3,17R |
| 90 | 4,18 | 0,00 | 230,48 | 12,12 | -230,48 | -3,17R |
| 91 | 4,18 | 0,00 | 230,48 | 12,12 | -230,48 | -3,17R |
| 92 | 4,18 | 0,00 | 230,48 | 12,12 | -230,48 | -3,17R |
| 103 | 3,65 | 0,00 | 312,75 | 11,63 | -312,75 | -4,30R |
| 140 | 3,44 | 283,00 | 296,74 | 20,05 | -13,74 | -0,19 X |

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Lampiran B 3. Pemeriksaan Asumsi Residual Identik Menggunakan Uji Glejser.

Pemodelan Pertama :

Regression Analysis: ABS (RESI) versus Clinker (X1); Batu Kapur (X4)

The regression equation is

$$\text{ABS (RESI)} = 501 - 5,65 \text{ Clinker (X1)} - 8,12 \text{ Batu Kapur (X4)}$$

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------------|--------|---------|-------|-------|
| Constant | 501,5 | 190,9 | 2,63 | 0,009 |
| Clinker (X1) | -5,650 | 2,403 | -2,35 | 0,020 |
| Batu Kapur (X4) | -8,123 | 3,673 | -2,21 | 0,028 |

S = 61,3418 R-Sq = 3,4% R-Sq(adj) = 2,3%

Analysis of Variance

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|--------|-------|------|-------|
| Regression | 2 | 23468 | 11734 | 3,12 | 0,047 |
| Residual Error | 177 | 666018 | 3763 | | |
| Total | 179 | 689486 | | | |

| Source | DF | Seq SS |
|-----------------|----|--------|
| Clinker (X1) | 1 | 5068 |
| Batu Kapur (X4) | 1 | 18400 |

Unusual Observations

| Clinker | | | | | | |
|---------|------|------------|-------|--------|----------|----------|
| Obs | (X1) | ABS (RESI) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
| 46 | 84,0 | 7,06 | 26,86 | 14,99 | -19,81 | -0,33 X |
| 48 | 84,9 | 9,95 | 21,75 | 16,68 | -11,81 | -0,20 X |
| 49 | 84,2 | 36,11 | 22,57 | 15,61 | 13,54 | 0,23 X |
| 72 | 75,9 | 252,91 | 56,47 | 6,61 | 196,44 | 3,22R |
| 73 | 75,9 | 252,91 | 56,47 | 6,61 | 196,44 | 3,22R |
| 74 | 75,9 | 252,91 | 56,47 | 6,61 | 196,44 | 3,22R |
| 75 | 75,9 | 252,91 | 56,47 | 6,61 | 196,44 | 3,22R |
| 76 | 78,1 | 273,05 | 45,70 | 6,29 | 227,34 | 3,73R |
| 86 | 73,8 | 242,51 | 59,99 | 7,40 | 182,52 | 3,00R |
| 87 | 73,8 | 242,51 | 59,99 | 7,40 | 182,52 | 3,00R |
| 88 | 73,8 | 242,51 | 59,99 | 7,40 | 182,52 | 3,00R |
| 89 | 73,8 | 242,51 | 59,99 | 7,40 | 182,52 | 3,00R |
| 90 | 73,8 | 242,51 | 59,99 | 7,40 | 182,52 | 3,00R |
| 91 | 73,8 | 242,51 | 59,99 | 7,40 | 182,52 | 3,00R |
| 92 | 73,8 | 242,51 | 59,99 | 7,40 | 182,52 | 3,00R |
| 103 | 77,2 | 300,41 | 22,18 | 10,78 | 278,23 | 4,61R |
| 138 | 74,2 | 8,61 | 17,50 | 15,49 | -8,88 | -0,15 X |
| 139 | 75,2 | 18,36 | 11,47 | 16,87 | 6,90 | 0,12 X |
| 140 | 76,6 | 38,83 | 3,91 | 18,96 | 34,92 | 0,60 X |
| 141 | 75,7 | 22,65 | 8,50 | 17,65 | 14,15 | 0,24 X |
| 142 | 76,3 | 4,10 | 5,44 | 18,51 | -1,34 | -0,02 X |
| 163 | 82,8 | 146,11 | -7,24 | 21,88 | 153,35 | 2,68RX |

R denotes an observation with a large standardized residual.
X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Pemodelan Kedua :

Regression Analysis: ABS (RESI 2) versus Gypsum (X2); Trass (X3); ...

The regression equation is

ABS (RESI 2) = - 105 + 6,8 Gypsum (X2) + 4,05 Trass (X3) + 43,4 Fly Ash (X5)

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|--------------|---------|---------|-------|-------|
| Constant | -104,65 | 59,79 | -1,75 | 0,082 |
| Gypsum (X2) | 6,84 | 14,58 | 0,47 | 0,640 |
| Trass (X3) | 4,049 | 2,384 | 1,70 | 0,091 |
| Fly Ash (X5) | 43,393 | 7,768 | 5,59 | 0,000 |

S = 53,1149 R-Sq = 16,6% R-Sq(adj) = 15,2%

Analysis of Variance

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|-----|--------|-------|-------|-------|
| Regression | 3 | 99153 | 33051 | 11,72 | 0,000 |
| Residual Error | 176 | 496530 | 2821 | | |
| Total | 179 | 595683 | | | |

| Source | DF | Seq SS |
|-------------|----|--------|
| Gypsum (X2) | 1 | 7884 |

| | | |
|--------------|---|-------|
| Trass (X3) | 1 | 3230 |
| Fly Ash (X5) | 1 | 88039 |

Unusual Observations

| | Gypsum | ABS | | | | |
|-----|--------|----------|--------|--------|----------|----------|
| Obs | (X2) | (RESI 2) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
| 48 | 3,85 | 23,21 | 6,28 | 14,85 | 16,93 | 0,33 X |
| 52 | 3,31 | 63,23 | -29,84 | 13,84 | 93,07 | 1,81 X |
| 72 | 3,12 | 204,52 | 72,29 | 12,39 | 132,23 | 2,56R |
| 73 | 3,12 | 204,52 | 72,29 | 12,39 | 132,23 | 2,56R |
| 74 | 3,12 | 204,52 | 72,29 | 12,39 | 132,23 | 2,56R |
| 75 | 3,12 | 204,52 | 72,29 | 12,39 | 132,23 | 2,56R |
| 76 | 3,77 | 251,05 | 66,50 | 6,60 | 184,56 | 3,50R |
| 86 | 4,18 | 230,48 | 79,53 | 8,74 | 150,95 | 2,88R |
| 87 | 4,18 | 230,48 | 79,53 | 8,74 | 150,95 | 2,88R |
| 88 | 4,18 | 230,48 | 79,53 | 8,74 | 150,95 | 2,88R |
| 89 | 4,18 | 230,48 | 79,53 | 8,74 | 150,95 | 2,88R |
| 90 | 4,18 | 230,48 | 79,53 | 8,74 | 150,95 | 2,88R |
| 91 | 4,18 | 230,48 | 79,53 | 8,74 | 150,95 | 2,88R |
| 92 | 4,18 | 230,48 | 79,53 | 8,74 | 150,95 | 2,88R |
| 103 | 3,65 | 312,75 | 22,23 | 8,39 | 290,52 | 5,54R |
| 140 | 3,44 | 13,74 | 46,16 | 14,46 | -32,42 | -0,63 X |

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

Lampiran B 4. Pemeriksaan Asumsi Residual Independen Menggunakan Uji Keacakan Data

Pemodelan Pertama :**Runs Test: ABS (RESI)**

Runs test for ABS (RESI)

Runs above and below K = 45,7973

The observed number of runs = 51

The expected number of runs = 73,2222

50 observations above K; 130 below

P-value = 0,000

Pemodelan Kedua :**Runs Test: ABS (RESI 2)**

Runs test for ABS (RESI 2)

Runs above and below K = 44,6702

The observed number of runs = 36

The expected number of runs = 77,3889

55 observations above K; 125 below

P-value = 0,000

Lampiran B 5. Pemeriksaan Asumsi Residual Berdistribusi Normal Menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov

| Pemodelan Pertama : | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|----------|-----------|
| Residual | Frekuensi Kumulatif | Frekuensi Relatif | Standarisasi (Z) | Peluang Kumulatif | d-f | ABS (d-f) |
| 10,9301 | 1 | 0,005556 | -0,5618 | 0,287127 | -0,28157 | 0,281571 |
| 15,87149 | 2 | 0,011111 | -0,48218 | 0,314839 | -0,30373 | 0,303728 |
| 56,55137 | 3 | 0,016667 | 0,173276 | 0,568783 | -0,55212 | 0,552116 |
| 43,06514 | 4 | 0,022222 | -0,04402 | 0,482444 | -0,46022 | 0,460221 |
| 56,98055 | 5 | 0,027778 | 0,180191 | 0,571499 | -0,54372 | 0,543721 |
| 51,16941 | 6 | 0,033333 | 0,086559 | 0,534489 | -0,50116 | 0,501156 |
| 16,72143 | 7 | 0,038889 | -0,46849 | 0,319719 | -0,28083 | 0,28083 |
| 57,75228 | 8 | 0,044444 | 0,192626 | 0,576374 | -0,53193 | 0,531929 |
| 50,63274 | 9 | 0,05 | 0,077912 | 0,531051 | -0,48105 | 0,481051 |
| 43,33357 | 10 | 0,055556 | -0,0397 | 0,484168 | -0,42861 | 0,428612 |
| 48,72464 | 11 | 0,061111 | 0,047168 | 0,51881 | -0,4577 | 0,457699 |
| 74,037 | 12 | 0,066667 | 0,455014 | 0,67545 | -0,60878 | 0,608784 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 44,01456 | 13 | 0,072222 | -0,02872 | 0,488542 | -0,41632 | 0,41632 |
| 63,68233 | 14 | 0,077778 | 0,288174 | 0,613393 | -0,53562 | 0,535615 |
| 72,45343 | 15 | 0,083333 | 0,429499 | 0,66622 | -0,58289 | 0,582886 |
| 47,85436 | 16 | 0,088889 | 0,033145 | 0,513221 | -0,42433 | 0,424332 |
| 43,56827 | 17 | 0,094444 | -0,03591 | 0,485675 | -0,39123 | 0,391231 |
| 68,50592 | 18 | 0,1 | 0,365894 | 0,642778 | -0,54278 | 0,542778 |
| 53,71477 | 19 | 0,105556 | 0,127571 | 0,550756 | -0,4452 | 0,4452 |
| 25,59853 | 20 | 0,111111 | -0,32545 | 0,372419 | -0,26131 | 0,261308 |
| 72,24245 | 21 | 0,116667 | 0,426099 | 0,664982 | -0,54832 | 0,548315 |
| 56,04164 | 22 | 0,122222 | 0,165063 | 0,565553 | -0,44333 | 0,443331 |
| 36,95803 | 23 | 0,127778 | -0,14242 | 0,443373 | -0,3156 | 0,315595 |
| 29,26531 | 24 | 0,133333 | -0,26637 | 0,394977 | -0,26164 | 0,261643 |
| 42,90942 | 25 | 0,138889 | -0,04653 | 0,481444 | -0,34255 | 0,342555 |
| 73,17454 | 26 | 0,144444 | 0,441117 | 0,670436 | -0,52599 | 0,525992 |
| 32,72647 | 27 | 0,15 | -0,2106 | 0,416598 | -0,2666 | 0,266598 |
| 51,74934 | 28 | 0,155556 | 0,095903 | 0,538201 | -0,38265 | 0,382646 |
| 8,017565 | 29 | 0,161111 | -0,60873 | 0,271353 | -0,11024 | 0,110242 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 45,78976 | 30 | 0,166667 | -0,00012 | 0,499952 | -0,33329 | 0,333285 |
| 50,57581 | 31 | 0,172222 | 0,076995 | 0,530686 | -0,35846 | 0,358464 |
| 30,67097 | 32 | 0,177778 | -0,24372 | 0,403723 | -0,22594 | 0,225945 |
| 30,25393 | 33 | 0,183333 | -0,25044 | 0,401123 | -0,21779 | 0,217789 |
| 70,57173 | 34 | 0,188889 | 0,399179 | 0,65512 | -0,46623 | 0,466231 |
| 18,49666 | 35 | 0,194444 | -0,43988 | 0,330011 | -0,13557 | 0,135567 |
| 40,32454 | 36 | 0,2 | -0,08818 | 0,464867 | -0,26487 | 0,264867 |
| 17,14853 | 37 | 0,205556 | -0,4616 | 0,322183 | -0,11663 | 0,116627 |
| 35,61597 | 38 | 0,211111 | -0,16405 | 0,434847 | -0,22374 | 0,223736 |
| 26,74242 | 39 | 0,216667 | -0,30702 | 0,379413 | -0,16275 | 0,162747 |
| 55,15632 | 40 | 0,222222 | 0,150798 | 0,559933 | -0,33771 | 0,33771 |
| 40,31145 | 41 | 0,227778 | -0,08839 | 0,464783 | -0,23701 | 0,237005 |
| 6,849835 | 42 | 0,233333 | -0,62754 | 0,265152 | -0,03182 | 0,031819 |
| 32,85909 | 43 | 0,238889 | -0,20847 | 0,417432 | -0,17854 | 0,178543 |
| 4,055248 | 44 | 0,244444 | -0,67257 | 0,250611 | -0,00617 | 0,006166 |
| 18,76041 | 45 | 0,25 | -0,43563 | 0,331552 | -0,08155 | 0,081552 |
| 7,055176 | 46 | 0,255556 | -0,62423 | 0,266237 | -0,01068 | 0,010682 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 11,91794 | 47 | 0,261111 | -0,54588 | 0,292574 | -0,03146 | 0,031462 |
| 9,945452 | 48 | 0,266667 | -0,57766 | 0,281746 | -0,01508 | 0,015079 |
| 36,10579 | 49 | 0,272222 | -0,15615 | 0,437956 | -0,16573 | 0,165734 |
| 51,14261 | 50 | 0,277778 | 0,086127 | 0,534317 | -0,25654 | 0,25654 |
| 8,683301 | 51 | 0,283333 | -0,598 | 0,27492 | 0,008413 | 0,008413 |
| 13,8827 | 52 | 0,288889 | -0,51422 | 0,303548 | -0,01466 | 0,014659 |
| 29,5666 | 53 | 0,294444 | -0,26152 | 0,396847 | -0,1024 | 0,102402 |
| 25,32246 | 54 | 0,3 | -0,3299 | 0,370737 | -0,07074 | 0,070737 |
| 11,35124 | 55 | 0,305556 | -0,55501 | 0,289443 | 0,016113 | 0,016113 |
| 13,04039 | 56 | 0,311111 | -0,5278 | 0,29882 | 0,012291 | 0,012291 |
| 8,991563 | 57 | 0,316667 | -0,59303 | 0,276579 | 0,040087 | 0,040087 |
| 7,591836 | 58 | 0,322222 | -0,61559 | 0,269084 | 0,053138 | 0,053138 |
| 2,300607 | 59 | 0,327778 | -0,70084 | 0,241701 | 0,086077 | 0,086077 |
| 38,3314 | 60 | 0,333333 | -0,12029 | 0,452125 | -0,11879 | 0,118792 |
| 12,52797 | 61 | 0,338889 | -0,53605 | 0,295961 | 0,042928 | 0,042928 |
| 13,8805 | 62 | 0,344444 | -0,51426 | 0,303535 | 0,040909 | 0,040909 |
| 42,44762 | 63 | 0,35 | -0,05397 | 0,478479 | -0,12848 | 0,128479 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 8,773018 | 64 | 0,355556 | -0,59655 | 0,275402 | 0,080153 | 0,080153 |
| 42,42554 | 65 | 0,361111 | -0,05433 | 0,478337 | -0,11723 | 0,117226 |
| 50,09474 | 66 | 0,366667 | 0,069243 | 0,527602 | -0,16094 | 0,160935 |
| 73,9222 | 67 | 0,372222 | 0,453164 | 0,674785 | -0,30256 | 0,302562 |
| 43,47007 | 68 | 0,377778 | -0,0375 | 0,485044 | -0,10727 | 0,107267 |
| 43,41248 | 69 | 0,383333 | -0,03842 | 0,484674 | -0,10134 | 0,101341 |
| 96,17175 | 70 | 0,388889 | 0,811661 | 0,791507 | -0,40262 | 0,402618 |
| 71,16097 | 71 | 0,394444 | 0,408674 | 0,65861 | -0,26417 | 0,264166 |
| 252,9097 | 72 | 0,4 | 3,337107 | 0,999577 | -0,59958 | 0,599577 |
| 252,9097 | 73 | 0,405556 | 3,337107 | 0,999577 | -0,59402 | 0,594021 |
| 252,9097 | 74 | 0,411111 | 3,337107 | 0,999577 | -0,58847 | 0,588466 |
| 252,9097 | 75 | 0,416667 | 3,337107 | 0,999577 | -0,58291 | 0,58291 |
| 273,0462 | 76 | 0,422222 | 3,661557 | 0,999875 | -0,57765 | 0,577652 |
| 52,05118 | 77 | 0,427778 | 0,100767 | 0,540132 | -0,11235 | 0,112354 |
| 5,639257 | 78 | 0,433333 | -0,64705 | 0,258801 | 0,174533 | 0,174533 |
| 54,16567 | 79 | 0,438889 | 0,134836 | 0,553629 | -0,11474 | 0,11474 |
| 57,2002 | 80 | 0,444444 | 0,18373 | 0,572887 | -0,12844 | 0,128443 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 26,94786 | 81 | 0,45 | -0,30371 | 0,380674 | 0,069326 | 0,069326 |
| 37,34111 | 82 | 0,455556 | -0,13625 | 0,445812 | 0,009744 | 0,009744 |
| 40,83907 | 83 | 0,461111 | -0,07989 | 0,468163 | -0,00705 | 0,007052 |
| 4,522165 | 84 | 0,466667 | -0,66505 | 0,25301 | 0,213656 | 0,213656 |
| 27,9744 | 85 | 0,472222 | -0,28717 | 0,386991 | 0,085232 | 0,085232 |
| 242,5063 | 86 | 0,477778 | 3,169481 | 0,999236 | -0,52146 | 0,521459 |
| 242,5063 | 87 | 0,483333 | 3,169481 | 0,999236 | -0,5159 | 0,515903 |
| 242,5063 | 88 | 0,488889 | 3,169481 | 0,999236 | -0,51035 | 0,510348 |
| 242,5063 | 89 | 0,494444 | 3,169481 | 0,999236 | -0,50479 | 0,504792 |
| 242,5063 | 90 | 0,5 | 3,169481 | 0,999236 | -0,49924 | 0,499236 |
| 242,5063 | 91 | 0,505556 | 3,169481 | 0,999236 | -0,49368 | 0,493681 |
| 242,5063 | 92 | 0,511111 | 3,169481 | 0,999236 | -0,48813 | 0,488125 |
| 46,78022 | 93 | 0,516667 | 0,015838 | 0,506318 | 0,010349 | 0,010349 |
| 67,33626 | 94 | 0,522222 | 0,347048 | 0,635722 | -0,1135 | 0,1135 |
| 7,134653 | 95 | 0,527778 | -0,62295 | 0,266658 | 0,26112 | 0,26112 |
| 22,83142 | 96 | 0,533333 | -0,37004 | 0,355677 | 0,177656 | 0,177656 |
| 26,76907 | 97 | 0,538889 | -0,30659 | 0,379577 | 0,159312 | 0,159312 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 52,20581 | 98 | 0,544444 | 0,103258 | 0,541121 | 0,003324 | 0,003324 |
| 22,10731 | 99 | 0,55 | -0,38171 | 0,35134 | 0,19866 | 0,19866 |
| 42,1103 | 100 | 0,555556 | -0,05941 | 0,476314 | 0,079241 | 0,079241 |
| 33,13564 | 101 | 0,561111 | -0,20401 | 0,419173 | 0,141939 | 0,141939 |
| 15,93078 | 102 | 0,566667 | -0,48122 | 0,315178 | 0,251488 | 0,251488 |
| 300,4148 | 103 | 0,572222 | 4,102533 | 0,99998 | -0,42776 | 0,427757 |
| 41,87087 | 104 | 0,577778 | -0,06326 | 0,474778 | 0,103 | 0,103 |
| 43,31209 | 105 | 0,583333 | -0,04004 | 0,48403 | 0,099304 | 0,099304 |
| 36,35252 | 106 | 0,588889 | -0,15218 | 0,439523 | 0,149366 | 0,149366 |
| 49,49651 | 107 | 0,594444 | 0,059604 | 0,523765 | 0,07068 | 0,07068 |
| 17,90692 | 108 | 0,6 | -0,44938 | 0,326577 | 0,273423 | 0,273423 |
| 16,23279 | 109 | 0,605556 | -0,47636 | 0,316909 | 0,288646 | 0,288646 |
| 27,74785 | 110 | 0,611111 | -0,29082 | 0,385594 | 0,225517 | 0,225517 |
| 10,24023 | 111 | 0,616667 | -0,57291 | 0,283352 | 0,333315 | 0,333315 |
| 24,95538 | 112 | 0,622222 | -0,33582 | 0,368505 | 0,253717 | 0,253717 |
| 49,41733 | 113 | 0,627778 | 0,058328 | 0,523256 | 0,104521 | 0,104521 |
| 9,472653 | 114 | 0,633333 | -0,58528 | 0,279179 | 0,354154 | 0,354154 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 14,66823 | 115 | 0,638889 | -0,50157 | 0,307986 | 0,330903 | 0,330903 |
| 17,69665 | 116 | 0,644444 | -0,45277 | 0,325356 | 0,319088 | 0,319088 |
| 56,96371 | 117 | 0,65 | 0,17992 | 0,571392 | 0,078608 | 0,078608 |
| 10,82913 | 118 | 0,655556 | -0,56343 | 0,286573 | 0,368983 | 0,368983 |
| 20,60899 | 119 | 0,661111 | -0,40585 | 0,342428 | 0,318684 | 0,318684 |
| 13,39117 | 120 | 0,666667 | -0,52214 | 0,300785 | 0,365882 | 0,365882 |
| 20,9862 | 121 | 0,672222 | -0,39977 | 0,344663 | 0,327559 | 0,327559 |
| 12,88745 | 122 | 0,677778 | -0,53026 | 0,297966 | 0,379812 | 0,379812 |
| 43,64212 | 123 | 0,683333 | -0,03472 | 0,48615 | 0,197184 | 0,197184 |
| 36,93441 | 124 | 0,688889 | -0,1428 | 0,443223 | 0,245666 | 0,245666 |
| 5,782452 | 125 | 0,694444 | -0,64474 | 0,259548 | 0,434897 | 0,434897 |
| 8,643549 | 126 | 0,7 | -0,59864 | 0,274706 | 0,425294 | 0,425294 |
| 0,271084 | 127 | 0,705556 | -0,73354 | 0,231614 | 0,473942 | 0,473942 |
| 14,19257 | 128 | 0,711111 | -0,50923 | 0,305295 | 0,405816 | 0,405816 |
| 7,619716 | 129 | 0,716667 | -0,61514 | 0,269232 | 0,447435 | 0,447435 |
| 18,33038 | 130 | 0,722222 | -0,44256 | 0,329042 | 0,393181 | 0,393181 |
| 1,437096 | 131 | 0,727778 | -0,71475 | 0,23738 | 0,490397 | 0,490397 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5,06729 | 132 | 0,733333 | -0,65626 | 0,255827 | 0,477506 | 0,477506 |
| 21,76161 | 133 | 0,738889 | -0,38728 | 0,349276 | 0,389613 | 0,389613 |
| 12,61886 | 134 | 0,744444 | -0,53459 | 0,296467 | 0,447977 | 0,447977 |
| 9,897847 | 135 | 0,75 | -0,57843 | 0,281487 | 0,468513 | 0,468513 |
| 21,26814 | 136 | 0,755556 | -0,39523 | 0,346338 | 0,409218 | 0,409218 |
| 0,797856 | 137 | 0,761111 | -0,72505 | 0,234209 | 0,526902 | 0,526902 |
| 8,613067 | 138 | 0,766667 | -0,59913 | 0,274543 | 0,492124 | 0,492124 |
| 18,3641 | 139 | 0,772222 | -0,44202 | 0,329238 | 0,442984 | 0,442984 |
| 38,8293 | 140 | 0,777778 | -0,11227 | 0,455304 | 0,322474 | 0,322474 |
| 22,64971 | 141 | 0,783333 | -0,37297 | 0,354587 | 0,428746 | 0,428746 |
| 4,104998 | 142 | 0,788889 | -0,67177 | 0,250866 | 0,538023 | 0,538023 |
| 3,185523 | 143 | 0,794444 | -0,68658 | 0,246173 | 0,548272 | 0,548272 |
| 21,31409 | 144 | 0,8 | -0,39449 | 0,346611 | 0,453389 | 0,453389 |
| 14,27454 | 145 | 0,805556 | -0,50791 | 0,305758 | 0,499798 | 0,499798 |
| 33,13827 | 146 | 0,811111 | -0,20397 | 0,419189 | 0,391922 | 0,391922 |
| 82,81786 | 147 | 0,816667 | 0,596496 | 0,724578 | 0,092089 | 0,092089 |
| 11,34302 | 148 | 0,822222 | -0,55515 | 0,289398 | 0,532825 | 0,532825 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 12,22961 | 149 | 0,827778 | -0,54086 | 0,294302 | 0,533476 | 0,533476 |
| 7,260986 | 150 | 0,833333 | -0,62092 | 0,267327 | 0,566006 | 0,566006 |
| 5,948662 | 151 | 0,838889 | -0,64206 | 0,260416 | 0,578472 | 0,578472 |
| 30,33439 | 152 | 0,844444 | -0,24915 | 0,401624 | 0,442821 | 0,442821 |
| 32,06663 | 153 | 0,85 | -0,22124 | 0,412455 | 0,437545 | 0,437545 |
| 65,90112 | 154 | 0,855556 | 0,323924 | 0,627002 | 0,228553 | 0,228553 |
| 36,49141 | 155 | 0,861111 | -0,14994 | 0,440406 | 0,420705 | 0,420705 |
| 12,68531 | 156 | 0,866667 | -0,53352 | 0,296838 | 0,569829 | 0,569829 |
| 2,120831 | 157 | 0,872222 | -0,70374 | 0,240798 | 0,631424 | 0,631424 |
| 1,160899 | 158 | 0,877778 | -0,7192 | 0,236007 | 0,64177 | 0,64177 |
| 0,074693 | 159 | 0,883333 | -0,73671 | 0,23065 | 0,652683 | 0,652683 |
| 1,855291 | 160 | 0,888889 | -0,70802 | 0,239467 | 0,649421 | 0,649421 |
| 0,17204 | 161 | 0,894444 | -0,73514 | 0,231128 | 0,663317 | 0,663317 |
| 33,66037 | 162 | 0,9 | -0,19556 | 0,422479 | 0,477521 | 0,477521 |
| 146,1065 | 163 | 0,905556 | 1,616236 | 0,946978 | -0,04142 | 0,041423 |
| 63,70479 | 164 | 0,911111 | 0,288536 | 0,613532 | 0,297579 | 0,297579 |
| 19,0516 | 165 | 0,916667 | -0,43094 | 0,333256 | 0,583411 | 0,583411 |

| | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 8,478348 | 166 | 0,922222 | -0,6013 | 0,273819 | 0,648403 | 0,648403 |
| 11,6422 | 167 | 0,927778 | -0,55032 | 0,291048 | 0,636729 | 0,636729 |
| 17,35815 | 168 | 0,933333 | -0,45823 | 0,323395 | 0,609938 | 0,609938 |
| 7,494442 | 169 | 0,938889 | -0,61716 | 0,268566 | 0,670323 | 0,670323 |
| 0,53689 | 170 | 0,944444 | -0,72926 | 0,232922 | 0,711523 | 0,711523 |
| 20,50502 | 171 | 0,95 | -0,40752 | 0,341812 | 0,608188 | 0,608188 |
| 24,4899 | 172 | 0,955556 | -0,34332 | 0,365681 | 0,589875 | 0,589875 |
| 0,416263 | 173 | 0,961111 | -0,7312 | 0,232328 | 0,728784 | 0,728784 |
| 28,73135 | 174 | 0,966667 | -0,27498 | 0,391668 | 0,574999 | 0,574999 |
| 26,04173 | 175 | 0,972222 | -0,31831 | 0,375124 | 0,597098 | 0,597098 |
| 16,52498 | 176 | 0,977778 | -0,47165 | 0,318588 | 0,65919 | 0,65919 |
| 33,47755 | 177 | 0,983333 | -0,1985 | 0,421326 | 0,562007 | 0,562007 |
| 1,73208 | 178 | 0,988889 | -0,71 | 0,238852 | 0,750037 | 0,750037 |
| 39,08915 | 179 | 0,994444 | -0,10808 | 0,456964 | 0,53748 | 0,53748 |
| 2,616525 | 180 | 1 | -0,69575 | 0,243292 | 0,756708 | 0,756708 |
| Rata-rata | 45,79726241 | | | | | |
| StDev | 62,06348005 | | | | | |

| | | | | | | |
|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|----------|-----------|
| D _{hitung} | 0,756707656 | | | | | |
| Pemodelan Kedua : | | | | | | |
| Residual | Frekuensi Kumulatif | Frekuensi Relatif | Standarisasi (Z) | Peluang Kumulatif | d-f | ABS (d-f) |
| 16,38475 | 1 | 0,005556 | -0,49032 | 0,311953 | -0,3064 | 0,306397 |
| 21,34225 | 2 | 0,011111 | -0,40439 | 0,342964 | -0,33185 | 0,331853 |
| 56,45424 | 3 | 0,016667 | 0,204274 | 0,58093 | -0,56426 | 0,564263 |
| 49,05056 | 4 | 0,022222 | 0,075932 | 0,530263 | -0,50804 | 0,508041 |
| 58,52938 | 5 | 0,027778 | 0,240246 | 0,59493 | -0,56715 | 0,567152 |
| 67,09152 | 6 | 0,033333 | 0,388669 | 0,651239 | -0,61791 | 0,617906 |
| 45,40535 | 7 | 0,038889 | 0,012743 | 0,505084 | -0,46619 | 0,466195 |
| 55,43213 | 8 | 0,044444 | 0,186555 | 0,573995 | -0,52955 | 0,529551 |
| 32,5954 | 9 | 0,05 | -0,20931 | 0,417101 | -0,3671 | 0,367101 |
| 61,68654 | 10 | 0,055556 | 0,294975 | 0,615993 | -0,56044 | 0,560438 |
| 61,32968 | 11 | 0,061111 | 0,288788 | 0,613628 | -0,55252 | 0,552517 |
| 98,14401 | 12 | 0,066667 | 0,926958 | 0,823026 | -0,75636 | 0,756359 |
| 63,52577 | 13 | 0,072222 | 0,326857 | 0,628112 | -0,55589 | 0,55589 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 60,78171 | 14 | 0,077778 | 0,279289 | 0,609989 | -0,53221 | 0,532211 |
| 53,45348 | 15 | 0,083333 | 0,152256 | 0,560507 | -0,47717 | 0,477174 |
| 15,03997 | 16 | 0,088889 | -0,51363 | 0,303754 | -0,21486 | 0,214865 |
| 25,33617 | 17 | 0,094444 | -0,33515 | 0,368755 | -0,27431 | 0,274311 |
| 54,97742 | 18 | 0,1 | 0,178673 | 0,570903 | -0,4709 | 0,470903 |
| 38,3207 | 19 | 0,105556 | -0,11007 | 0,456178 | -0,35062 | 0,350622 |
| 5,65626 | 20 | 0,111111 | -0,6763 | 0,249425 | -0,13831 | 0,138314 |
| 50,44183 | 21 | 0,116667 | 0,10005 | 0,539848 | -0,42318 | 0,423181 |
| 37,5126 | 22 | 0,122222 | -0,12408 | 0,450628 | -0,32841 | 0,328405 |
| 19,38093 | 23 | 0,127778 | -0,43838 | 0,330554 | -0,20278 | 0,202776 |
| 13,1307 | 24 | 0,133333 | -0,54673 | 0,292282 | -0,15895 | 0,158948 |
| 28,34859 | 25 | 0,138889 | -0,28293 | 0,388614 | -0,24973 | 0,249725 |
| 57,38346 | 26 | 0,144444 | 0,220381 | 0,587213 | -0,44277 | 0,442769 |
| 19,80185 | 27 | 0,15 | -0,43109 | 0,333202 | -0,1832 | 0,183202 |
| 44,70631 | 28 | 0,155556 | 0,000625 | 0,50025 | -0,34469 | 0,344694 |
| 4,389993 | 29 | 0,161111 | -0,69825 | 0,24251 | -0,0814 | 0,081399 |
| 35,66033 | 30 | 0,166667 | -0,15618 | 0,437944 | -0,27128 | 0,271277 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 38,77543 | 31 | 0,172222 | -0,10219 | 0,459305 | -0,28708 | 0,287083 |
| 21,26419 | 32 | 0,177778 | -0,40574 | 0,342467 | -0,16469 | 0,164689 |
| 12,629 | 33 | 0,183333 | -0,55543 | 0,289301 | -0,10597 | 0,105968 |
| 58,49059 | 34 | 0,188889 | 0,239573 | 0,594669 | -0,40578 | 0,405781 |
| 15,40212 | 35 | 0,194444 | -0,50736 | 0,305952 | -0,11151 | 0,111508 |
| 30,89038 | 36 | 0,2 | -0,23887 | 0,405603 | -0,2056 | 0,205603 |
| 2,471877 | 37 | 0,205556 | -0,7315 | 0,232237 | -0,02668 | 0,026681 |
| 21,38655 | 38 | 0,211111 | -0,40362 | 0,343247 | -0,13214 | 0,132136 |
| 12,12666 | 39 | 0,216667 | -0,56414 | 0,286331 | -0,06966 | 0,069664 |
| 37,18876 | 40 | 0,222222 | -0,12969 | 0,448406 | -0,22618 | 0,226184 |
| 22,99181 | 41 | 0,227778 | -0,37579 | 0,353536 | -0,12576 | 0,125758 |
| 24,9205 | 42 | 0,233333 | -0,34236 | 0,366041 | -0,13271 | 0,132708 |
| 17,63521 | 43 | 0,238889 | -0,46865 | 0,319661 | -0,08077 | 0,080772 |
| 19,79097 | 44 | 0,244444 | -0,43128 | 0,333133 | -0,08869 | 0,088689 |
| 8,957463 | 45 | 0,25 | -0,61907 | 0,267934 | -0,01793 | 0,017934 |
| 8,986928 | 46 | 0,255556 | -0,61856 | 0,268102 | -0,01255 | 0,012547 |
| 26,95635 | 47 | 0,261111 | -0,30707 | 0,379396 | -0,11829 | 0,118285 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 23,21471 | 48 | 0,266667 | -0,37193 | 0,354974 | -0,08831 | 0,088307 |
| 55,18023 | 49 | 0,272222 | 0,182189 | 0,572283 | -0,30006 | 0,300061 |
| 78,6368 | 50 | 0,277778 | 0,588804 | 0,722004 | -0,44423 | 0,444226 |
| 58,13037 | 51 | 0,283333 | 0,233329 | 0,592247 | -0,30891 | 0,308914 |
| 63,22856 | 52 | 0,288889 | 0,321705 | 0,626162 | -0,33727 | 0,337273 |
| 4,280247 | 53 | 0,294444 | -0,70015 | 0,241916 | 0,052528 | 0,052528 |
| 22,88608 | 54 | 0,3 | -0,37762 | 0,352855 | -0,05285 | 0,052855 |
| 18,18778 | 55 | 0,305556 | -0,45907 | 0,323093 | -0,01754 | 0,017537 |
| 15,41129 | 56 | 0,311111 | -0,5072 | 0,306008 | 0,005103 | 0,005103 |
| 11,28666 | 57 | 0,316667 | -0,5787 | 0,281397 | 0,03527 | 0,03527 |
| 3,630485 | 58 | 0,322222 | -0,71142 | 0,238413 | 0,083809 | 0,083809 |
| 2,23421 | 59 | 0,327778 | -0,73562 | 0,230981 | 0,096797 | 0,096797 |
| 42,16211 | 60 | 0,333333 | -0,04348 | 0,48266 | -0,14933 | 0,149327 |
| 10,05781 | 61 | 0,338889 | -0,6 | 0,274253 | 0,064636 | 0,064636 |
| 32,54954 | 62 | 0,344444 | -0,21011 | 0,416791 | -0,07235 | 0,072347 |
| 19,77342 | 63 | 0,35 | -0,43158 | 0,333023 | 0,016977 | 0,016977 |
| 9,276081 | 64 | 0,355556 | -0,61355 | 0,269756 | 0,085799 | 0,085799 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 27,73728 | 65 | 0,361111 | -0,29353 | 0,384559 | -0,02345 | 0,023448 |
| 74,45753 | 66 | 0,366667 | 0,516357 | 0,697197 | -0,33053 | 0,330531 |
| 84,24407 | 67 | 0,372222 | 0,686005 | 0,753645 | -0,38142 | 0,381423 |
| 56,32662 | 68 | 0,377778 | 0,202061 | 0,580066 | -0,20229 | 0,202288 |
| 72,98864 | 69 | 0,383333 | 0,490894 | 0,688249 | -0,30492 | 0,304916 |
| 131,8437 | 70 | 0,388889 | 1,511136 | 0,934623 | -0,54573 | 0,545734 |
| 108,9889 | 71 | 0,394444 | 1,114952 | 0,867564 | -0,47312 | 0,47312 |
| 204,5224 | 72 | 0,4 | 2,771006 | 0,997206 | -0,59721 | 0,597206 |
| 204,5224 | 73 | 0,405556 | 2,771006 | 0,997206 | -0,59165 | 0,59165 |
| 204,5224 | 74 | 0,411111 | 2,771006 | 0,997206 | -0,58609 | 0,586095 |
| 204,5224 | 75 | 0,416667 | 2,771006 | 0,997206 | -0,58054 | 0,580539 |
| 251,054 | 76 | 0,422222 | 3,577622 | 0,999827 | -0,5776 | 0,577604 |
| 65,69654 | 77 | 0,427778 | 0,364487 | 0,642253 | -0,21448 | 0,214475 |
| 12,23796 | 78 | 0,433333 | -0,56221 | 0,286988 | 0,146346 | 0,146346 |
| 74,08014 | 79 | 0,438889 | 0,509815 | 0,694909 | -0,25602 | 0,256021 |
| 77,6911 | 80 | 0,444444 | 0,57241 | 0,716478 | -0,27203 | 0,272034 |
| 43,30803 | 81 | 0,45 | -0,02361 | 0,49058 | -0,04058 | 0,04058 |

| | | | | | | |
|----------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 4,141091 | 82 | 0,455556 | -0,70256 | 0,241164 | 0,214392 | 0,214392 |
| 67,67079 | 83 | 0,461111 | 0,39871 | 0,654947 | -0,19384 | 0,193836 |
| 39,34448 | 84 | 0,466667 | -0,09232 | 0,463222 | 0,003445 | 0,003445 |
| 54,34797 | 85 | 0,472222 | 0,167762 | 0,566615 | -0,09439 | 0,094392 |
| 230,4839 | 86 | 0,477778 | 3,221044 | 0,999361 | -0,52158 | 0,521584 |
| 230,4839 | 87 | 0,483333 | 3,221044 | 0,999361 | -0,51603 | 0,516028 |
| 230,4839 | 88 | 0,488889 | 3,221044 | 0,999361 | -0,51047 | 0,510472 |
| 230,4839 | 89 | 0,494444 | 3,221044 | 0,999361 | -0,50492 | 0,504917 |
| 230,4839 | 90 | 0,5 | 3,221044 | 0,999361 | -0,49936 | 0,499361 |
| 230,4839 | 91 | 0,505556 | 3,221044 | 0,999361 | -0,49381 | 0,493806 |
| 230,4839 | 92 | 0,511111 | 3,221044 | 0,999361 | -0,48825 | 0,48825 |
| 70,00995 | 93 | 0,516667 | 0,439259 | 0,669763 | -0,1531 | 0,153096 |
| 67,79212 | 94 | 0,522222 | 0,400813 | 0,655721 | -0,1335 | 0,133499 |
| 7,096771 | 95 | 0,527778 | -0,65133 | 0,257417 | 0,270361 | 0,270361 |
| 8,426385 | 96 | 0,533333 | -0,62828 | 0,26491 | 0,268423 | 0,268423 |
| 7,429694 | 97 | 0,538889 | -0,64556 | 0,259283 | 0,279606 | 0,279606 |
| 43,50859 | 98 | 0,544444 | -0,02014 | 0,491967 | 0,052477 | 0,052477 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 6,434298 | 99 | 0,55 | -0,66281 | 0,253725 | 0,296275 | 0,296275 |
| 25,51827 | 100 | 0,555556 | -0,332 | 0,369946 | 0,185609 | 0,185609 |
| 17,6367 | 101 | 0,561111 | -0,46862 | 0,31967 | 0,241441 | 0,241441 |
| 3,680621 | 102 | 0,566667 | -0,71055 | 0,238683 | 0,327984 | 0,327984 |
| 312,7455 | 103 | 0,572222 | 4,647032 | 0,999998 | -0,42778 | 0,427776 |
| 30,83199 | 104 | 0,577778 | -0,23988 | 0,40521 | 0,172567 | 0,172567 |
| 20,19255 | 105 | 0,583333 | -0,42432 | 0,335668 | 0,247666 | 0,247666 |
| 13,56123 | 106 | 0,588889 | -0,53927 | 0,294851 | 0,294038 | 0,294038 |
| 27,59951 | 107 | 0,594444 | -0,29592 | 0,383647 | 0,210798 | 0,210798 |
| 1,440782 | 108 | 0,6 | -0,74937 | 0,226816 | 0,373184 | 0,373184 |
| 1,970547 | 109 | 0,605556 | -0,74019 | 0,229592 | 0,375963 | 0,375963 |
| 1,734161 | 110 | 0,611111 | -0,74429 | 0,228351 | 0,38276 | 0,38276 |
| 11,58496 | 111 | 0,616667 | -0,57353 | 0,283144 | 0,333523 | 0,333523 |
| 5,485978 | 112 | 0,622222 | -0,67925 | 0,248489 | 0,373733 | 0,373733 |
| 28,50019 | 113 | 0,627778 | -0,2803 | 0,389622 | 0,238156 | 0,238156 |
| 15,66663 | 114 | 0,633333 | -0,50277 | 0,307562 | 0,325771 | 0,325771 |
| 17,63414 | 115 | 0,638889 | -0,46867 | 0,319654 | 0,319234 | 0,319234 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 16,66282 | 116 | 0,644444 | -0,4855 | 0,31366 | 0,330785 | 0,330785 |
| 32,6822 | 117 | 0,65 | -0,20781 | 0,417689 | 0,232311 | 0,232311 |
| 14,77476 | 118 | 0,655556 | -0,51823 | 0,302148 | 0,353407 | 0,353407 |
| 3,753113 | 119 | 0,661111 | -0,70929 | 0,239072 | 0,422039 | 0,422039 |
| 5,523893 | 120 | 0,666667 | -0,67859 | 0,248698 | 0,417969 | 0,417969 |
| 4,295175 | 121 | 0,672222 | -0,69989 | 0,241997 | 0,430225 | 0,430225 |
| 15,61635 | 122 | 0,677778 | -0,50364 | 0,307256 | 0,370522 | 0,370522 |
| 20,62497 | 123 | 0,683333 | -0,41682 | 0,338405 | 0,344928 | 0,344928 |
| 3,286276 | 124 | 0,688889 | -0,71738 | 0,236569 | 0,45232 | 0,45232 |
| 17,74675 | 125 | 0,694444 | -0,46671 | 0,320353 | 0,374092 | 0,374092 |
| 16,33775 | 126 | 0,7 | -0,49114 | 0,311664 | 0,388336 | 0,388336 |
| 26,53419 | 127 | 0,705556 | -0,31438 | 0,376614 | 0,328941 | 0,328941 |
| 7,982543 | 128 | 0,711111 | -0,63597 | 0,262397 | 0,448714 | 0,448714 |
| 13,56774 | 129 | 0,716667 | -0,53916 | 0,29489 | 0,421777 | 0,421777 |
| 2,326797 | 130 | 0,722222 | -0,73402 | 0,23147 | 0,490752 | 0,490752 |
| 17,99077 | 131 | 0,727778 | -0,46248 | 0,321867 | 0,40591 | 0,40591 |
| 8,615187 | 132 | 0,733333 | -0,62501 | 0,265983 | 0,46735 | 0,46735 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 14,95831 | 133 | 0,738889 | -0,51505 | 0,303259 | 0,43563 | 0,43563 |
| 6,187013 | 134 | 0,744444 | -0,6671 | 0,252354 | 0,49209 | 0,49209 |
| 5,453694 | 135 | 0,75 | -0,67981 | 0,248312 | 0,501688 | 0,501688 |
| 34,60389 | 136 | 0,755556 | -0,1745 | 0,430737 | 0,324819 | 0,324819 |
| 3,373687 | 137 | 0,761111 | -0,71587 | 0,237037 | 0,524075 | 0,524075 |
| 13,34158 | 138 | 0,766667 | -0,54308 | 0,293539 | 0,473128 | 0,473128 |
| 1,283803 | 139 | 0,772222 | -0,7521 | 0,225997 | 0,546225 | 0,546225 |
| 13,74194 | 140 | 0,777778 | -0,53614 | 0,295932 | 0,481845 | 0,481845 |
| 1,196626 | 141 | 0,783333 | -0,75361 | 0,225543 | 0,557791 | 0,557791 |
| 13,01389 | 142 | 0,788889 | -0,54876 | 0,291586 | 0,497303 | 0,497303 |
| 25,63566 | 143 | 0,794444 | -0,32996 | 0,370715 | 0,42373 | 0,42373 |
| 38,03328 | 144 | 0,8 | -0,11505 | 0,454203 | 0,345797 | 0,345797 |
| 29,00395 | 145 | 0,805556 | -0,27157 | 0,392976 | 0,41258 | 0,41258 |
| 58,77024 | 146 | 0,811111 | 0,244421 | 0,596548 | 0,214564 | 0,214564 |
| 104,5731 | 147 | 0,816667 | 1,038405 | 0,850459 | -0,03379 | 0,033793 |
| 33,80948 | 148 | 0,822222 | -0,18827 | 0,425333 | 0,396889 | 0,396889 |
| 30,86972 | 149 | 0,827778 | -0,23923 | 0,405464 | 0,422314 | 0,422314 |

| | | | | | | |
|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 20,71101 | 150 | 0,833333 | -0,41533 | 0,338951 | 0,494383 | 0,494383 |
| 21,29799 | 151 | 0,838889 | -0,40515 | 0,342682 | 0,496206 | 0,496206 |
| 11,66223 | 152 | 0,844444 | -0,57219 | 0,283598 | 0,560847 | 0,560847 |
| 13,56233 | 153 | 0,85 | -0,53925 | 0,294857 | 0,555143 | 0,555143 |
| 31,88354 | 154 | 0,855556 | -0,22165 | 0,412291 | 0,443264 | 0,443264 |
| 0,580404 | 155 | 0,861111 | -0,76429 | 0,222348 | 0,638763 | 0,638763 |
| 13,2219 | 156 | 0,866667 | -0,54515 | 0,292825 | 0,573842 | 0,573842 |
| 31,08158 | 157 | 0,872222 | -0,23556 | 0,406888 | 0,465334 | 0,465334 |
| 31,92329 | 158 | 0,877778 | -0,22097 | 0,41256 | 0,465218 | 0,465218 |
| 27,15699 | 159 | 0,883333 | -0,30359 | 0,380721 | 0,502613 | 0,502613 |
| 30,34469 | 160 | 0,888889 | -0,24833 | 0,401939 | 0,486949 | 0,486949 |
| 38,05986 | 161 | 0,894444 | -0,11459 | 0,454385 | 0,440059 | 0,440059 |
| 4,519826 | 162 | 0,9 | -0,696 | 0,243215 | 0,656785 | 0,656785 |
| 6,295127 | 163 | 0,905556 | -0,66522 | 0,252953 | 0,652602 | 0,652602 |
| 84,67185 | 164 | 0,911111 | 0,69342 | 0,755977 | 0,155134 | 0,155134 |
| 33,07688 | 165 | 0,916667 | -0,20097 | 0,420362 | 0,496305 | 0,496305 |
| 7,953468 | 166 | 0,922222 | -0,63648 | 0,262233 | 0,65999 | 0,65999 |

| | | | | | | |
|---------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 8,503379 | 167 | 0,927778 | -0,62695 | 0,265348 | 0,66243 | 0,66243 |
| 30,95 | 168 | 0,933333 | -0,23784 | 0,406004 | 0,52733 | 0,52733 |
| 0,636201 | 169 | 0,938889 | -0,76332 | 0,222636 | 0,716253 | 0,716253 |
| 23,63031 | 170 | 0,944444 | -0,36472 | 0,357659 | 0,586785 | 0,586785 |
| 5,080789 | 171 | 0,95 | -0,68628 | 0,24627 | 0,70373 | 0,70373 |
| 23,86325 | 172 | 0,955556 | -0,36068 | 0,359168 | 0,596388 | 0,596388 |
| 27,74167 | 173 | 0,961111 | -0,29345 | 0,384588 | 0,576523 | 0,576523 |
| 44,77199 | 174 | 0,966667 | 0,001764 | 0,500704 | 0,465963 | 0,465963 |
| 50,19868 | 175 | 0,972222 | 0,095835 | 0,538174 | 0,434048 | 0,434048 |
| 41,54363 | 176 | 0,977778 | -0,0542 | 0,478388 | 0,499389 | 0,499389 |
| 55,83621 | 177 | 0,983333 | 0,19356 | 0,57674 | 0,406594 | 0,406594 |
| 21,43522 | 178 | 0,988889 | -0,40277 | 0,343557 | 0,645332 | 0,645332 |
| 61,47878 | 179 | 0,994444 | 0,291373 | 0,614617 | 0,379827 | 0,379827 |
| 54,39444 | 180 | 1 | 0,168567 | 0,566932 | 0,433068 | 0,433068 |
| Rata-rata | 44,67022677 | | | | | |
| StDev | 57,68741017 | | | | | |
| D _{hitung} | 0,756359045 | | | | | |

Lampiran B 6. Deskripsi Data Kuat Tekan Produk Semen

Descriptive Statistics: Mei 2014; Juni 2014; Juli 2014; Agustus 2014; ...

| Variable | Mean | StDev | Variance | Minimum | Maximum | Range |
|----------------|--------|-------|----------|---------|---------|--------|
| Mei 2014 | 307,30 | 19,14 | 366,29 | 268,00 | 347,00 | 79,00 |
| Juni 2014 | 293,20 | 22,90 | 524,58 | 237,00 | 337,00 | 100,00 |
| Juli 2014 | 193,6 | 141,3 | 19953,2 | 0,0 | 346,0 | 346,0 |
| Agustus 2014 | 264,4 | 90,9 | 8256,4 | 0,0 | 323,0 | 323,0 |
| September 2014 | 291,67 | 24,19 | 585,06 | 247,00 | 378,00 | 131,00 |
| Oktober 2014 | 249,87 | 22,16 | 491,22 | 205,00 | 294,00 | 89,00 |

Lampiran B 7. Rancangan Acak Lengkap Kuat Tekan Produk Semen

One-way ANOVA: Kuat Tekan versus Bulan

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|--------|-----|---------|-------|-------|-------|
| Bulan | 5 | 258040 | 51608 | 10,26 | 0,000 |
| Error | 174 | 875125 | 5029 | | |
| Total | 179 | 1133165 | | | |

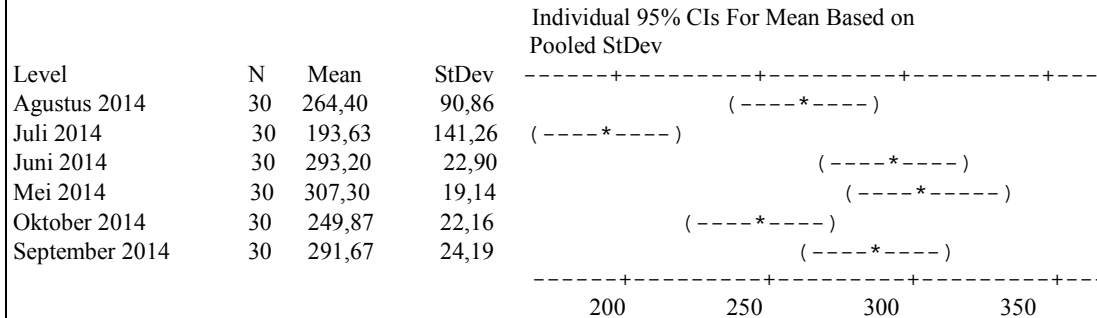
S = 70,92 R-Sq = 22,77% R-Sq(adj) = 20,55%

Lampiran B 8. Uji Perbandingan Berganda Tukey Kuat Tekan Produk Semen

One-way ANOVA: Kuat Tekan versus Bulan

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|--------|-----|---------|-------|-------|-------|
| Bulan | 5 | 258040 | 51608 | 10,26 | 0,000 |
| Error | 174 | 875125 | 5029 | | |
| Total | 179 | 1133165 | | | |

S = 70,92 R-Sq = 22,77% R-Sq(adj) = 20,55%



Pooled StDev = 70,92

Grouping Information Using Tukey Method

| Bulan | N | Mean | Grouping |
|----------------|----|--------|----------|
| Mei 2014 | 30 | 307,30 | A |
| Juni 2014 | 30 | 293,20 | A B |
| September 2014 | 30 | 291,67 | A B |
| Agustus 2014 | 30 | 264,40 | A B |
| Oktober 2014 | 30 | 249,87 | B |
| Juli 2014 | 30 | 193,63 | C |

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran B 9. Uji Keacakan Data Kuat Tekan Produk Semen

Runs Test: Mei 2014

Runs above and below $K = 307,3$

The observed number of runs = 17

The expected number of runs = 16

15 observations above K ; 15 below

P-value = 0,710

Runs Test: Juni 2014

Runs above and below $K = 293,2$

The observed number of runs = 17

The expected number of runs = 15,9333

14 observations above K ; 16 below

P-value = 0,690

Runs Test: Juli 2014

Runs above and below $K = 290,45$

The observed number of runs = 9

The expected number of runs = 11

10 observations above K ; 10 below

P-value = 0,358

Runs Test: Agustus 2014

Runs above and below K = 293,778

The observed number of runs = 14

The expected number of runs = 14,0370

11 observations above K; 16 below

P-value = 0,988

Runs Test: September 2014

Runs above and below K = 291,667

The observed number of runs = 7

The expected number of runs = 14,9333

11 observations above K; 19 below

P-value = 0,001

Runs Test: Oktober 2014

Runs above and below K = 249,867

The observed number of runs = 15

The expected number of runs = 16

15 observations above K; 15 below

P-value = 0,710

Lampiran B 10. Analisis Pergeseran Proses Menggunakan Uji Analisis Varians (ANOVA) Satu Arah

One-way ANOVA : September 2014 versus Juli 2014

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-----------|----|-------|------|------|-------|
| Juli 2014 | 20 | 4959 | 248 | 0,19 | 0,999 |
| Error | 9 | 12008 | 1334 | | |
| Total | 29 | 16967 | | | |

S = 36,53 R-Sq = 29,23% R-Sq(adj) = 0,00%

One-way ANOVA : September 2014 versus Agustus 2014

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|--------------|----|-------|-----|------|-------|
| Agustus 2014 | 21 | 16053 | 764 | 6,70 | 0,005 |
| Error | 8 | 913 | 114 | | |
| Total | 29 | 16967 | | | |

S = 10,68 R-Sq = 94,62% R-Sq(adj) = 80,49%

Lampiran B 11. Uji Normalitas Data Kuat Tekan Produk Semen Menggunakan Uji Normalitas Shapiro-Wilk

```
> Normalitas <- read.csv("E://Kuat_Tekan_Produk_Semen.csv",sep=";",header=TRUE)
```

```
> Normalitas
```

```
  Mei Juni Juli Agustus September Oktober
```

```
1 268 313 276    0    295    294
2 273 294 271    0    289    252
3 307 290 309   309    313    249
4 296 337 267   323    316    205
5 310 283 298   266    283    235
6 315 301 296   283    283    252
7 287 287 319   283    263    255
8 327 304 288   318    281    243
9 320 305 292   283    263    244
10 300 334 346   303    286    254
11 303 330 323   292    271    249
12 331 271    0   284    278    206
13 301 300    0    0    284    208
14 321 275    0   306    279    240
15 334 286    0   302    270    230
16 308 321    0   301    247    255
17 300 279 322   315    272    258
```



```

18 330 333 261 285 289 233
19 319 284 313 285 290 257
20 285 263 304 292 283 244
21 331 273 285 285 291 267
22 314 299 215 289 315 223
23 296 302 289 305 301 248
24 290 237 254 286 296 286
25 312 275 281 320 290 272
26 347 281 0 274 327 263
27 305 273 0 311 378 279
28 311 282 0 271 314 247
29 271 281 0 284 310 286
30 307 303 0 277 293 262
> variabel_mei <- Normalitas$Mei
> variabel_mei
[1] 268 273 307 296 310 315 287 327 320 300 303 331 301 321 334 308 300 330 319
[20] 285 331 314 296 290 312 347 305 311 271 307
> variabel_juni <- Normalitas$Juni
> variabel_juni
[1] 313 294 290 337 283 301 287 304 305 334 330 271 300 275 286 321 279 333 284
[20] 263 273 299 302 237 275 281 273 282 281 303
> variabel_juli <- Normalitas$Juli
> variabel_juli

```

```
[1] 276 271 309 267 298 296 319 288 292 346 323 0 0 0 0 0 322 261 313
[20] 304 285 215 289 254 281 0 0 0 0 0
> variabel_agustus <- Normalitas$Agustus
> variabel_agustus
[1] 0 0 309 323 266 283 283 318 283 303 292 284 0 306 302 301 315 285 285
[20] 292 285 289 305 286 320 274 311 271 284 277
> variabel_september <- Normalitas$September
> variabel_september
[1] 295 289 313 316 283 283 263 281 263 286 271 278 284 279 270 247 272 289 290
[20] 283 291 315 301 296 290 327 378 314 310 293
> variabel_oktober <- Normalitas$Oktober
> variabel_oktober
[1] 294 252 249 205 235 252 255 243 244 254 249 206 208 240 230 255 258 233 257
[20] 244 267 223 248 286 272 263 279 247 286 262
> utils:::menuInstallLocal()
package 'nortest' successfully unpacked and MD5 sums checked
> library(nortest)
Warning message:
package 'nortest' was built under R version 3.1.2
```

```
> library(nortest)
> shapiro.test(variabel_mei)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  variabel_mei
W = 0.9802, p-value = 0.8319

> shapiro.test(variabel_juni)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  variabel_juni
W = 0.9575, p-value = 0.2665

> shapiro.test(variabel_juli)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  variabel_juli
W = 0.72, p-value = 3.095e-06

> shapiro.test(variabel_agustus)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  variabel_agustus
W = 0.5025, p-value = 5.69e-09
```

```
> shapiro.test(variabel_september)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  variabel_september
W = 0.892, p-value = 0.005385
```

```
> shapiro.test(variabel_oktober)
      Shapiro-Wilk normality test
data:  variabel_oktober
W = 0.9645, p-value = 0.4019
```

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|----------------------|---|
| LAMPIRAN A | |
| Lampiran A.1 | Surat Penerimaan Tugas Akhir 81 |
| LAMPIRAN B | |
| Lampiran B.1 | Deskripsi Data Bahan Baku Tambahan 82 |
| Lampiran B.2 | Uji Serentak dan Uji Parsial Pengaruh Bahan Baku Tambahan Terhadap Peningkatan Kualitas Kuat Tekan Produk Semen..... 83 |
| Lampiran B.3 | Pemeriksaan Asumsi Residual Identik Menggunakan Uji <i>Glejser</i> 87 |
| Lampiran B.4 | Pemeriksaan Asumsi Residual Independen Menggunakan Uji Keacakan Data 91 |
| Lampiran B.5 | Pemeriksaan Asumsi Berdistribusi Normal Menggunakan Uji Kolmogorov-Smirnov 92 |
| Lampiran B.6 | Deskripsi Data Kuat Tekan Produk Semen..... 114 |
| Lampiran B.7 | Rancangan Acak Lengkap Kuat Tekan Produk Semen 115 |
| Lampiran B.8 | Uji Perbandingan Berganda Tukey Kuat Tekan Produk Semen 116 |
| Lampiran B.9 | Uji Keacakan Data Kuat Tekan Produk Semen..... 118 |
| Lampiran B.10 | Analisis Pergeseran Proses Menggunakan Uji Analisis Varians (ANOVA) Satu Arah..... 120 |
| Lampiran B.11 | Uji Normalitas Kuat Tekan Produk Semen Menggunakan Uji Normalitas <i>Shapiro-Wilk</i> 121 |

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Fitriana Ratnadewi Yahya, lahir pada tanggal 15 Maret 1994 di Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur sebagai anak kedua dari pasangan Drs. Ec. Yahya, M.M dan Dra. Ec. Suhartini. Setelah menempuh pendidikan formal di MI. Falakhiyah Glagah Lamongan, MTS N Lamongan, dan SMA U BPPT Al-Fattah Lamongan, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Jurusan Statistika FMIPA-ITS dengan program studi DIII pada tahun 2012. Pada masa perkuliahannya, penulis banyak mendapatkan wawasan pengetahuan baru mengenai ilmu statistik dan penerapannya dalam dunia nyata (dunia kerja) melalui kerja praktek yang dilakukan pada semester 5. Penulis melakukan kerja praktek di PDAM Kota Surabaya, dengan menerapkan metode statistika tentang uji hipotesis rata-rata 2 populasi maka dapat digunakan untuk menganalisis perbedaan antara rata-rata jumlah pelanggan pada setiap zona.

Selain itu penulis mengikuti kegiatan kepanitiaan berupa YES SUMMIT 2013, GEMPA 2.0 ITS pada tahun 2013, dan sebagainya. Hal ini dilakukan penulis dengan tujuan menambah pengetahuan mengenai cara berkerjasama dalam tim untuk tujuan yang sama. Dengan ketekunan dan motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir pada program studi DIII ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan manfaat yang positif bagi dunia pendidikan dan dapat digunakan dalam upaya pengendalian kualitas produk di perusahaan.